

ТРАНСПОРТ

ISSN 1992-3252

WORLD OF TRANSPORT
AND TRANSPORTATION

5²⁰²²
Том / Vol. 20



НА ТРАССЕ М-11 «НЕВА» ВВЕДЁН ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПРАВОВОЙ РЕЖИМ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТА

Правительство Российской Федерации одобрило инициативу о введении экспериментального правового режима (ЭПР) по реализации инициативы «Беспилотные логистические коридоры» на трассе М-11 «Нева». Формирование программы проходило при поддержке Минтранса России на площадке Ассоциации «Цифровой транспорт и логистика».

Введение ЭПР позволит в течение трёх лет апробировать цифровые инновации на грузовом транспорте, в первую очередь – эксплуатацию высокоавтоматизированных транспортных средств (ВАТС) и инфраструктуры для них. В данном ЭПР участвуют производители ВАТС (ПАО «КамАЗ», НПО «СтарЛайн»), крупнейшие перевозчики (ООО «Глобалтрак Лоджистик», ПАО «Магнит», X5 Logistics), оператор инфраструктуры – Государственная компания «Автодор».

Как отметил заместитель Министра транспорта Российской Федерации Дмитрий Баканов, государство выполнило свою задачу, взяв на себя юридические риски, связанные с внедрением новой технологии, теперь очередь бизнеса обеспечить разработку беспилотных грузовиков и разработку моделей беспилотной перевозки грузов.

«Установленный ЭПР – это важный результат в рамках продолжения нормативного регулирования использования беспилотного транспорта в нашей стране. Особая роль этого ЭПР заключается в том, что он является составной частью проекта-маяка «Беспилотные логистические коридоры» в рамках инициативы «Маяки развития технологий» стратегического направления «Новая технологическая среда», реализация которых находится под пристальным вниманием Президента и Председателя Правительства, – прокомментировал заместитель Министра экономического развития Максим Колесников.

По словам заместителя председателя правления по интеллектуальным транспортным системам и цифровизации ГК «Автодор» Виктории Эркеновой, компания вместе с производителями ВАТС входит в активную фазу подготовки к тестовым проездам беспилотников по трассе М-11 «Нева». «Мы планируем протестировать информационный сервис обмена данными между цифровой картой и дорожной инфраструктурой М-11,

а также различные сценарии эксплуатации ВАТС, к примеру, при поступлении от инфраструктуры данных о ДТП, погодных условиях и дорожной ситуации», – прокомментировала она.

Директор по развитию ПАО «КамАЗ» Ирек Гумеров отметил, что ЭПР даст возможность протестировать беспилотные разработки компании на дорогах общего пользования, в частности, будет опробована цифровая карта разработки «КамАЗ», которая будет обмениваться данными с инфраструктурой дороги. «Сейчас мы проводим испытания беспилотного «КамАЗа» на нашем полигоне, после достижения соглашений с компаниями-ритейлерами планируем уже с весны начать коммерческие перевозки в рамках ЭПР».

По словам исполнительного директора Ассоциации «Цифровой транспорт и логистика» Полины Давыдовой, ЭПР позволит не только протестировать разные модели беспилотников, но и апробировать всю цепочку процессов беспилотной перевозки в коммерческом режиме с участием цифровой инфраструктуры, что в конечном итоге позволит масштабировать проект на другие трассы.

Использование беспилотных автомобилей на дорогах общего пользования не только позволит повысить безопасность движения, будет способствовать созданию новых видов коммерческой деятельности, но и сократит издержки на оплату труда водителей на 30 % до 2025 года, на топливо – на 28 %.

БЛК на М-11 – это пилотный проект. Задача, утверждённая Правительством России, – к 2030 году сделать беспилотными 19,5 тысяч километров российских дорог общего пользования. Технологические, организационные и бизнес-решения, которые будут отработаны в рамках ЭПР на М-11, лягут в основу и будущих транспортно-логистических коридоров, и норм регулирования создания, сертификации и эксплуатации ВАТС и дорожной инфраструктуры. В результате Российская Федерация будет в числе стран-мировых лидеров, начнётся масштабная коммерческая перевозка грузов в беспилотном режиме.

**По материалам Министерства транспорта
Российской Федерации: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10435> ●**

Фото на первой обложке: пресс-центр Министерства транспорта РФ: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10275>; <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10383>.

Front cover photos: media centre of the Ministry of Transport of the Russian Federation: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10275>; <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10383>.

ТРАНСПОРТ МИР

• ТЕОРИЯ • ИСТОРИЯ
• КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

5 2022
(102)

Издаётся
Российским университетом
транспорта.
Учреждён МИИТ
в 2003 году

Редакционный совет:

Б. А. Лёвин – доктор техниче-
ских наук, профессор РУТ –
председатель совета

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

А. А. Горбунов – доктор поли-
тических наук, профессор РУТ

Б. В. Гусев – член-корреспон-
дент Российской академии
наук

Н. А. Духно – доктор юридиче-
ских наук, профессор РУТ

Д. Г. Евсеев – доктор техниче-
ских наук, профессор РУТ

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

К. Л. Комаров – доктор техниче-
ских наук, профессор Сибирско-
го государственного университе-
та путей сообщения

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

Б. М. Лапидус – доктор эконо-
мических наук, профессор

Д. А. Мачерет – доктор эконо-
мических наук, профессор РУТ,
первый заместитель председа-
теля Объединённого учёного
совета ОАО «РЖД»

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

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

Ю. И. Соколов – доктор эконо-
мических наук, профессор РУТ

Тран Дак Су – доктор техниче-
ских наук, профессор Универ-
ситета транспорта и коммуни-
каций (Ханой, Вьетнам)

Т. В. Шепитько – доктор тех-
нических наук, профессор РУТ

СОДЕРЖАНИЕ

НАУКА И ТЕХНИКА

Иван ЦУКАНОВ,

Анастасия ЛЮБИЧЕВА, Денис КОВАЛЕВ

Оценка боковой силы при взаимодействии колеса

автомобиля с дорожной колеёй6

Алексей ЖЕЛУДКЕВИЧ,

Сергей ЗАЯРНЫЙ

Рельсовый путь для лёгкого рельсового транспорта13

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА

Сергей ВАКУЛЕНКО,

Надежда ЕВРЕЕНОВА,

Кирилл КАЛИНИН

Оптимальный режим взаимодействия наземного городского

пассажирского транспорта с железнодорожным

транспортом в ТПУ24

Александр ЗЕМЛИН

Проблемные вопросы легализации понятий, используемых

в целях правового регулирования транспортных отношений

с участием автомобилей с автоматизированной системой вождения . .29

Милош ПОЛЯК,

Наталья ЛАХМЕТКИНА

Ценообразование в сфере автомобильных грузовых перевозок.35

Петр КУРЕНКОВ, Ирина СОЛОП,

Евгения ЧЕБОТАРЕВА, Елена ГЕРАСИМОВА,

Надежда КУРГАНОВА

Снижение дефицита пропускных способностей

железнодорожных направлений за счёт внедрения

интервального регулирования движения поездов46

Ольга СУШКО,

Николай КОРЯГИН

Моделирование цен авиаперевозок пассажиров54

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

Юбилей ДВГУПС64

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Б. А. ЛЁВИН –

главный редактор

Е. Ю. ЗАРЕЧКИН –

первый заместитель главного редактора

ЧЛЕНЫ

РЕДКОЛЛЕГИИ

Е. С. АШПИЗ –

д.т.н., доцент РУТ

Л. А. БАРАНОВ –

д.т.н., профессор РУТ

А. М. БЕЛОСТОЦКИЙ –

д.т.н., профессор РУТ

Г. В. БУБНОВА –

д.э.н., профессор РУТ

Ю. А. БЫКОВ –

д.т.н., профессор РУТ

В. А. ГРЕЧИШНИКОВ –

д.т.н., доцент РУТ

В. Б. ЗЫЛЁВ –

д.т.н., профессор РУТ

В. И. КОНДРАЩЕНКО –

д.т.н., старший научный сотрудник РУТ

А. А. ЛОКТЕВ –

д.ф.м.н., профессор РУТ

С. Я. ЛУЦКИЙ –

д.т.н., профессор РУТ

О. Е. ПУДОВИКОВ –

д.т.н., доцент РУТ

В. Н. СИДОРОВ –

д.т.н., профессор РУТ

Н. П. ТЕРЁШИНА –

д.э.н., профессор РУТ

В. С. ФЁДОРОВ –

д.т.н., профессор РУТ

В. М. ФРИДКИН –

д.т.н., старший научный сотрудник РУТ

В. А. ШАРОВ –

д.т.н., профессор РУТ

А. К. ШЕЛИХОВА –

руководитель редакции

РЕДАКЦИЯ

И. А. ГЛАЗОВ –

редактор

Н. К. ОЛЕЙНИК –

технический редактор

М. В. МАСЛОВА –

английский перевод

При перепечатке ссылка на журнал «Мир транспорта» обязательна.

© «Мир транспорта», 2022

БЕЗОПАСНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ

*Александр ИШКОВ, Анна ИВАНОВА,
Анатолий БОЯРШИНОВ, Надежда ФИЛИППОВА*

Состояние безопасности дорожного движения
в Арктической зоне Российской Федерации 66

Иван ХОЛИКОВ

Гуманитарно-правовое регулирование использования
госпитальных судов в современных условиях 76

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

Изменения в правила дорожного движения
о средствах индивидуальной мобильности 84

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Марина ЕРХОВА, Людмила ШУМКОВА

Исследование индивидуальных мотиваторов
выпускников транспортных учебных заведений 86

Ольга АРИНИЧЕВА, Алексей МАЛИШЕВСКИЙ

Влияние соционических характеристик пилота на особенности
восприятия и интерпретации им визуальной
приборной информации 94

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Дмитрий МАЧЕРЕТ

Развитие железнодорожной сети
и «большой экономический рывок» в России 104

Пресс-архив

Железнодорожные новости 1912 года. 113

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Авторефераты диссертаций 116

Новые книги о транспорте 124

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

Журнал выходит 6 раз в год. Номер подписан в печать 30.11.2022.
Тираж 200 экз. Цена свободная.

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

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

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

World of Transport and Transportation

•THEORY
•HISTORY
•ENGINEERING
OF THE FUTURE

Vol. 20²⁰²²
Iss. 5

The journal is published
by Russian University
of Transport.

Founded in 2003 by MIIT.

Editorial council:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CONTENTS

Page numbering below refers to the texts in English

SCIENCE AND ENGINEERING

Ivan Yu. TSUKANOV,

Anastasia N. LYUBICHEVA,

Denis I. KOVALEV

Lateral Force Evaluation in Vehicle's Wheel Interaction with a Rut126

Aleksey M. ZHELUDKEVITCH,

Sergey L. ZAYARNY

Rail Track for Light Rail Transit Systems133

MANAGEMENT, CONTROL AND ECONOMICS

Sergey P. VAKULENKO,

Nadezhda Yu. EVREENOVA,

Kirill A. KALININ

Optimal Mode of Interaction between Rail
and Ground Urban Passenger Transport within the TIH144

Alexander I. ZEMLIN

Problematic Issues of Legalisation of Concepts Used
for the Purpose of Legal Regulation of Transport Relationships
Involving Self-Driving Cars149

Miloš POLIAK,

Natalia Yu. LACHMETKINA

Pricing in Road Freight Transport.154

Petr V. KURENKOV, Irina A. SOLOP,

Eugenia A. CHEBOTAREVA, Elena A. GERASIMOVA,

Nadezhda V. KURGANOVA

Reducing the Shortage of Railway Capacity through Introduction
of Interval Regulation of Train Traffic164

Olga P. SUSHKO,

Nickolay D. KORYAGIN

Modelling of Passenger Air Transportation Prices171

EXPRESS INFORMATION

Amendments to Traffic Rules on Personal Mobility Vehicles180

EDITORIAL BOARD

Boris A. LYOVIN,
editor-in-chief
Evgeny Yu. ZARECHKIN,
first deputy editor-in-chief
BOARD MEMBERS
Evgeny S. ASHPIZ,
D.Sc. (Eng), associate professor
of Russian University of Transport
Leonid A. BARANOV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Alexander M. BELOSTOTSKIY,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Galina V. BUBNOVA,
D.Sc. (Econ), professor of Russian
University of Transport
Yuriy A. BYKOV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Victor S. FEDOROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Vladimir M. FRIDKIN,
D.Sc. (Eng), senior researcher
of Russian University of Transport
Victor A. GRECHISHNIKOV,
D.Sc. (Eng), associate professor
of Russian University of Transport
Valeriy I. KONDRASHENKO,
D.Sc. (Eng), senior researcher
of Russian University of Transport
Alexey A. LOKTEV,
D.Sc. (Phys.-Math.),
professor of Russian University
of Transport
Svyatoslav Y. LUTSKIY,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Oleg E. PUDOVNIKOV,
D.Sc. (Eng), associate professor
of Russian University of Transport
Victor A. SHAROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Alla K. SHELIKHOVA,
head of editorial office
Vladimir N. SIDOROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Natalia P. TERYOSHINA,
D.Sc. (Econ), professor of Russian
University of Transport
Vladimir B. ZYLYOV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
EDITORIAL STAFF
Ivan A. GLAZOV,
editor
Natalia C. OLEYNIK,
editorial secretary
Maria V. MASLOVA,
translator
© Mir Transporta
© World of Transport
and Transportation
© English translation
© 2022. All rights reserved

SAFETY AND SUSTAINABILITY

Alexander M. ISHKOV, Anna E. IVANOVA,
Anatoly L. BOYARSHINOV, Nadezhda A. FILIPPOVA
Road Safety in the Arctic Zone of the Russian Federation.182
Ivan V. KHOLIKOV
Humanitarian Legal Regulation of Employment of Hospital Ships
under Modern Conditions.192

EDUCATION AND HRM

Marina V. ERKHOVA,
Lyudmila G. SHUMKOVA
Research on Individual Motivators of Graduates
of Transport Educational Institutions200
Olga V. ARINICHEVA,
Aleksey V. MALISHEVSKY
The Influence of the Socionic Characteristics
of a Pilot on the Features of Perception and Interpretation
of Displayed Flight Instrument Information.208

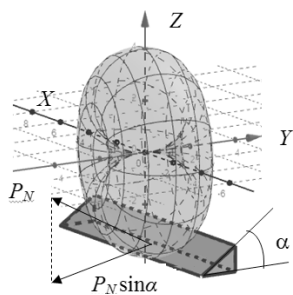
HISTORY WHEEL

Dmitry A. MACHERET
Railway Network Development
and the «Big Economic Breakthrough» in Russia218
Archived publication
Rail News from 1912227

BIBLIO-DIRECTIONS

Selected Abstracts of D.Sc. and Ph.D. Theses Submitted
at Russian Transport Universities230
New Books on Transport and Transportation.236

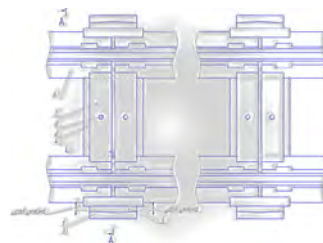
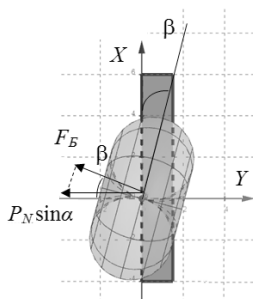
Published quarterly since 2003. Bimonthly since 2013.
102 issues have been published since 2003.
Current issues are circulated in 200 hard copies available on subscription.
All articles in the journal are published in Russian and English, both versions being entirely identical. The emails of corresponding authors are marked with ✉.
The open accessed full texts of the articles, editorial politics and guidelines for the authors are available at the Website of the journal at <https://mirtr.elpub.ru/jour> (both in Russian and English). The authors can submit their articles either in Russian or in English. The journal uses double-blind peer reviewing.
The full texts in Russian and key information in English are also available at the Website of the Russian scientific electronic library at <https://www.elibrary.ru> (upon free registration).
The journal is indexed in Russian scientific citation index system, Russian state library, Socionet, Ulrichsweb, WorldCat.org, EBSCO CEEAS.
Any reproduction in whole or in part on any medium or use of English translation of the articles contained herein is prohibited for commercial use without the prior written consent of World of Transport and Transportation.



АВТОМОБИЛИ

6

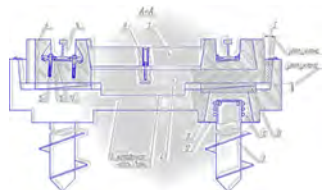
Взаимодействие колеса с дорожной колеёй и препятствиями. Влияние боковой силы на устойчивость и управляемость.



ПО КАКОМУ ПУТИ ИДТИ ЛРТ?

13

Сравнение конструкций пути для лёгкорельсового транспорта. Анализ существующих решений и вариант безбалластного пути с лежневыми основаниями.





НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 539.3+625.7+ 629.331

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-1>

Оценка боковой силы при взаимодействии колеса автомобиля с дорожной колеёй



Иван ЦУКАНОВ



Анастасия ЛЮБИЧЕВА



Денис КОВАЛЕВ

Иван Юрьевич Цуканов¹, Анастасия Николаевна Любичева², Денис Игоревич Ковалев³^{1,2} Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН), Москва, Россия.³ Российский университет транспорта, Москва, Россия.✉ ² lyubicheva@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

Эксплуатация дорог в современных условиях, связанных с высокими скоростями и плотностью потоков, приводит к изнашиванию покрытия и образованию дорожной колеи. При пересечении колеи может возникнуть неустойчивость движения, когда относительно небольшие воздействия при управлении приводят к большим изменениям траектории. Особое значение при изучении устойчивости и управляемости приобретает боковая сила, действующая на колесо автомобиля. Величина этой силы определяется различными факторами: жёсткостью шины, скоростью, изменением угла поворота колеса, геометрией поперечного профиля колеи.

Цель настоящего исследования связана с проблемой определения безопасных для движения углов наклона боковых стенок дорожной колеи при разных скоростных режимах. В работе рассмотрено взаимодействие колеса автомобиля с дорожным покрытием, предложена математическая модель

взаимодействия шины с колеёй, принимая во внимание угол набегания колеса на стенку колеи. Для описания упругого отклика шины в контакте с колеёй используется модель упругого основания и метод плоских сечений. На основе уравнений движения колеса при пересечении колеи проведена оценка боковой силы. Получены зависимости отношения боковой силы к нормальной нагрузке для различной глубины колеи и углов наклона её стенок от угла поворота колеса и скорости движения автомобиля. Показано, что при угле наклона колеи, превышающем пять градусов, боковая сила начинает существенно возрастать с ростом угла поворота колеса, а также скорости движения автомобиля и может превысить приложенную нормальную нагрузку. По условию устойчивости автомобиля против заноса на мокром покрытии дана оценка предельных средних углов наклона боковых стенок колеи при различных значениях скорости движения автомобиля и углов поворота колеса.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, дорожная колея, безопасность движения, автомобильное колесо, боковая сила, угол поворота колеса, жёсткость шины.

Финансовая поддержка: работа частично поддержана средствами государственного бюджета по государственному заданию № АААА-А20-120011690132-4.

Для цитирования: Цуканов И. Ю., Любичева А. Н., Ковалев Д. И. Оценка боковой силы при взаимодействии колеса автомобиля с дорожной колеёй // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 6–12. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-1>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Образование различных повреждений на покрытии автомобильных дорог связано прежде всего с постоянным увеличением скоростей и повышением плотности транспортных потоков. Наиболее часто среди повреждений наблюдается образование колеи на покрытии автомобильной дороги, что приводит к снижению уровня безопасности движения. При этом в момент пересечения автомобилем колеи возникают дополнительные силы, влияющие на управляемость автомобиля и устойчивость его движения. Неустойчивость проявляется, когда относительно небольшие внешние воздействия приводят к большим изменениям траектории движения [1–3], появляется опасность заноса вплоть до опрокидывания автомобиля.

В работах, исследующих устойчивость транспортного средства, в том числе при переезде через колею [1–4], изучается боковая сила, действующая на колесо автомобиля. На величину этой силы влияют различные факторы: жёсткость шины, скорость движения, изменение угла поворота колёса, геометрия поперечного профиля колеи. Геометрию поперечного профиля, как правило, характеризуют глубиной колеи^{1, 2}, не учитывая форму её поперечного сечения, также существенно влияющую на величину боковой силы. Эту форму в первом приближении количественно можно оценить средними углами наклона боковых стенок колеи.

Построению аналитических моделей взаимодействия шины с колёй на дорожном покрытии посвящены, в частности, работы [5; 6]. Так, в [5] исследована боковая устойчивость автомобиля в колее. Показано наличие колебательной неустойчивости на модели одноколейного транспортного средства при большей жёсткости задней, чем передней шины и достаточно высокой скорости движения транспортного средства. Получено аналитическое выражение, описывающее одну

из границ устойчивости. Значительное количество работ посвящено изучению аквапланирования шины, обзор таких работ можно найти в [6]. В этой же работе представлен метод расчёта предельной глубины колеи, который позволяет выбирать её значения в зависимости от требований к коэффициенту сцепления шины с покрытием и скорости движения по участку дороги, от глубины слоя воды в колесе и параметров шероховатости покрытия.

Целью настоящей работы является построение математической модели взаимодействия колеса автомобиля с дорожным покрытием в случае движения по траектории, пересекающей колею. При взаимодействии с поверхностью препятствия прогибы шины меняются в зависимости от формы дорожной колеи. Это обстоятельство приводит к перераспределению контактного давления, изменению величины и направления сил реакции, возникающих между шиной и дорожным покрытием. Модель позволит провести оценку боковой силы, действующей на колесо, а также оценку предельных средних углов наклона боковых стенок колеи при различных значениях скорости движения автомобиля. Для этого в качестве критерия допустимых значений коэффициента поперечной силы будет принято условие устойчивости автомобиля против заноса на мокром покрытии [3; 7].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Модель взаимодействия колеса автомобиля с дорогой

Деформация реальной шины происходит под действием множества факторов, зависящих от свойств материалов компонентов шины, геометрии протектора и конструкции шины, учесть которые можно при конечно-элементном моделировании для конкретных типов шин. Вследствие взаимодействия различных типоразмеров и марок автомобильных шин с дорожным покрытием, которые заранее неизвестны, для исследования влияния размеров дорожной колеи на боковую нагрузку на колесо будем применять упрощённую феноменологическую модель автомобильной шины, основанную на модели упругого основания [8]. При использовании такой упрощённой модели, для определения размеров области контакта колеса и дорожного покрытия можно использовать метод плоских сечений [8].



¹ ГОСТ 32825-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Дорожные покрытия. Методы измерения геометрических размеров повреждений. – М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200117775>. Доступ 11.10.2022.

² ГОСТ Р 50597-2017. Дороги автомобильные и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. Методы контроля. – М.: Стандартинформ, 2017. – 27 с. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200147085>. Доступ 11.10.2022.

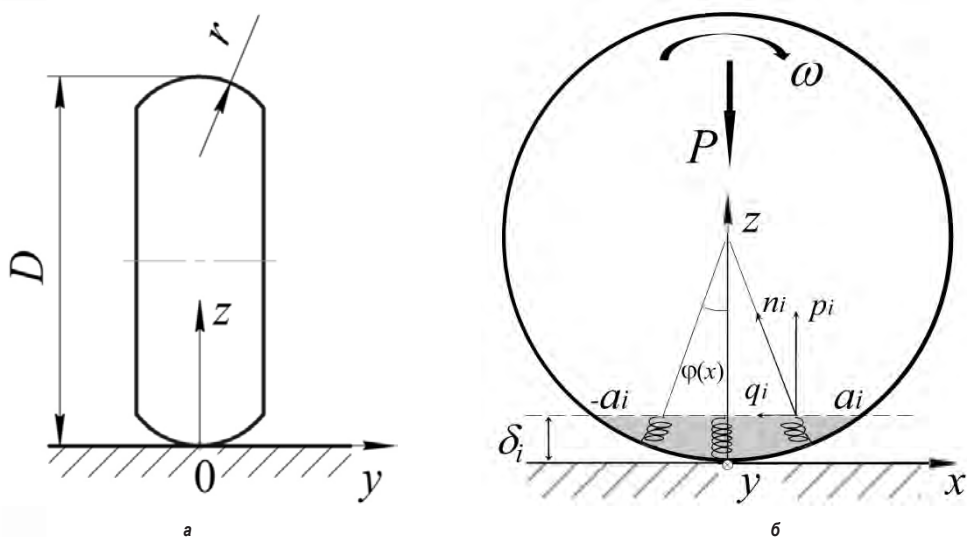


Рис. 1. Модель взаимодействия колеса с дорогой: (а) – геометрическая модель колеса; (б) – модель деформации шины в i -ом сечении [выполнено авторами].

Для определения жёсткости шины в модели рассмотрим взаимодействие автомобильного колеса с горизонтальной плоскостью. К центру колеса приложена вертикальная нагрузка P , соответствующая четвертой части веса автомобиля. Положим, что ведомые колеса находятся в режиме свободного качения. Дорожное покрытие будем считать недеформируемым.

Введём локальную систему координат Oxy , её начало расположено в нижней наиболее выступающей точке центрального сечения колеса, ось Ox совпадает с направлением качения, Oy – параллельна оси вращения колеса. Представим наружную поверхность колеса в виде функции (рис. 1а):

$$z_i(x, y) = R + r - \sqrt{R^2 - x^2} - \sqrt{r^2 - y^2}, \quad (1)$$

где $R = D/2$; D – максимальный наружный диаметр колеса;

r – радиус кривизны беговой дорожки ($r \leq 1,65H$ [9]; здесь H – высота профиля [9]).

Область контакта Ω рассечём плоскостями, перпендикулярными оси вращения колеса (Oy), с равномерным шагом $\Delta y = y_N/N$, где y_N – граница области контакта в направлении оси Oy ; $2N$ – количество сечений области контакта.

В каждом сечении Ω_i в соответствии с указанными допущениями рассмотрим двухмерную контактную задачу, представив деформацию шины как деформацию упругого основания с радиально расположенными пружинами (рис. 1б) [8].

Запишем реакцию основания, направленную радиально к поверхности, n_i и её нормальную к горизонтальной поверхности проекцию p_i :

$$\begin{aligned} n_i(\varphi(x), y_i) &= k_r u_r(\varphi(x), y_i), \\ p_i(x, y_i) &= k_r u_r(\varphi(x), y_i) \cos \varphi(x). \end{aligned} \quad (2)$$

Здесь u_r – радиальное перемещение основания в точке, зависящее от угла $\varphi(x)$; k_r – коэффициент радиальной жёсткости шины.

Заметим, что при симметричной области контакта касательная проекция реакции q_i в каждой точке сечения отлична от нуля, однако интегральное значение касательной компоненты реакции в каждом сечении равно нулю.

Проекции радиальных перемещений на нормальное направление в i -ом сечении области контакта имеют вид:

$$u_z(x, y_i) = u_r(\varphi(x)) \cos \varphi(x). \quad (3)$$

Таким образом, нормальная к горизонтальной поверхности компонента реакции упругого основания (контактное давление) связана с вертикальными перемещениями выражением:

$$p_i(x, y_i) = k_r u_z(x, y_i). \quad (4)$$

Деформацию поверхности (прогиб) шины при $x = 0, y = 0$ обозначим δ_0 . Условие контакта поверхностей в сечении тогда имеет вид:

$$z_i(x, y_i) + u_z(x, y_i) = \delta_0. \quad (5)$$

Следовательно, перемещения в i -ом сечении равны:

$$u_z(x, y_i) = \sqrt{R^2 - x^2} + \sqrt{r^2 - y_i^2} + \delta_0 - R - r, \quad (6)$$

$$\text{где } y_i = \Delta y (i - I); \Delta y = y_{\max} / N, i = 1 \dots N. \quad (7)$$

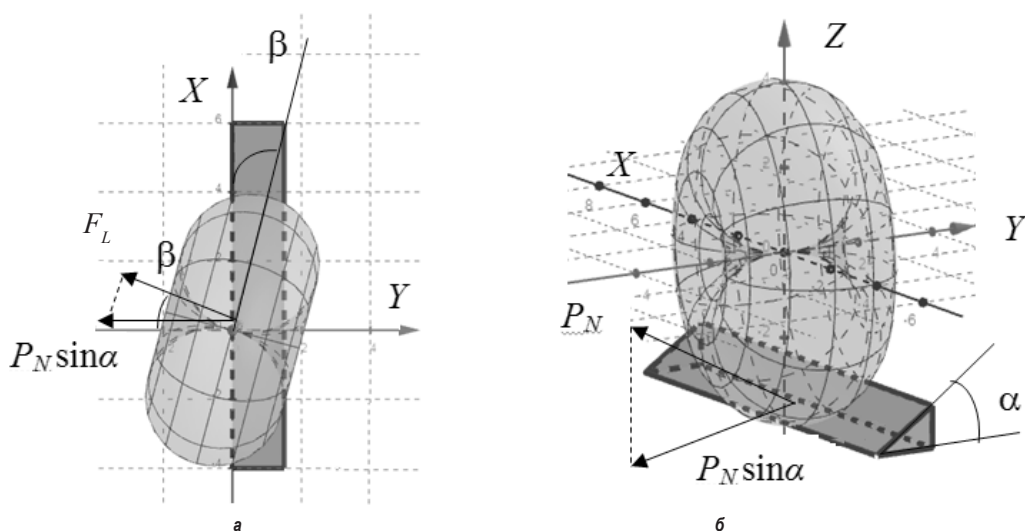


Рис. 2. Схема контакта колеса с колёй: (а) – изометрическая проекция; (б) – вид сверху [выполнено авторами].

Обозначим деформацию в i -ом сечении выражением:

$$\delta_i = \delta_0 - r + \sqrt{r^2 - y_i^2}. \quad (8)$$

Определим полуширину области контакта в сечении a_i и границу $y_{\max} = y_N$ в направлении оси Oy , принимая во внимание, что на краях области взаимодействия давление и упругие перемещения равны нулю:

$$\begin{aligned} u_z(a_i, y_i) &= 0, \quad u_z(0, y_N) = 0, \\ a_i &= \sqrt{R^2 - (\delta_i - R)^2}, \\ y_N &= \sqrt{2r\delta_0 - \delta_0^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Для определения величины прогиба шины на ровной дороге при отсутствии достоверных сведений о конструкции и свойствах материалов шин примем гипотезу [10; 11] о том, что большая часть работы обжатия шины расходуется на сжатие воздуха в ней. Согласно данным [10; 11] на сжатие воздуха в шине расходятся примерно 60 % полной работы при деформации шины, то есть:

$$0,6 W = W_{\text{air}}, \quad (10)$$

где W – работа, затраченная на обжатие шины;

W_{air} – работа по сжатию воздуха в шине.

Работу по сжатию воздуха можно определить согласно [10], как:

$$W_{\text{air}} = \sigma \Delta V, \quad (11)$$

здесь ΔV – изменение внутреннего объёма шины;

σ – внутреннее давление в шине.

Величина ΔV приближённо может определяться объёмом эллиптического сегмента с полуосями, определяющими область контакта:

$$\Delta V = \frac{1}{2} \pi a_0 y_N \delta_0 = \frac{1}{2} \pi \delta_0^2 \sqrt{2R(2r - \delta_0)}. \quad (12)$$

Работу нормальной силы по деформированию колеса можно определить как:

$$W = \int_0^{\delta_0} P d\delta = P \delta_0. \quad (13)$$

С использованием выражений (10)–(13) получим уравнение для определения прогиба шины δ_0 :

$$\frac{1}{2} \pi \sigma \delta_0 \sqrt{2R(2r - \delta_0)} = 0,6 P. \quad (14)$$

Решение уравнения (14) имеет следующий вид:

$$\delta_0 = \frac{1}{6} \left(\frac{8r^2}{-8r^3 + \frac{3}{2} (9K + \sqrt{81K^2 - 96r^3K})^{1/3} + 1,6 \left(-16r^3 - 3 \left((9K + \sqrt{81K^2 - 96r^3K})^{1/3} \right) \right) - 4r} \right), \quad (15)$$

где коэффициент K равен:

$$K = \frac{1,44 P^2}{2 \pi^2 \sigma^2 R}. \quad (16)$$

Коэффициент радиальной жёсткости шины в модели упругого основания определяется отношением вертикальной нагрузки и прогиба шины:

$$k_r = \frac{P}{\delta_0}. \quad (17)$$

Взаимодействие колеса с боковой стенкой колёй

Теперь рассмотрим контакт колеса с колёй, моделируемой наклонной плоскостью. Допустим, что область контакта расположена целиком на склоне колёй (рис. 2).





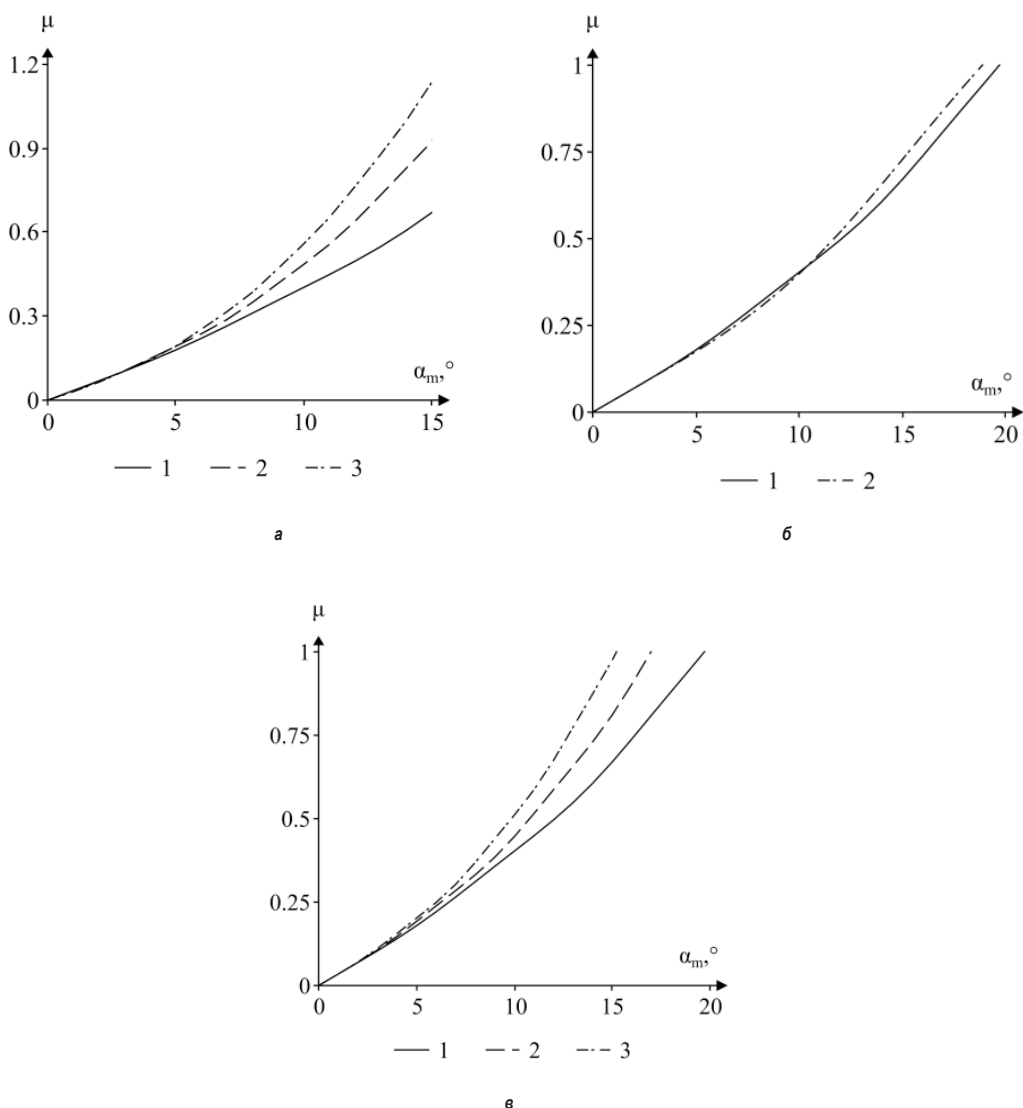


Рис. 4. Зависимость отношения максимального значения боковой силы к нормальной нагрузке на колесо μ от максимального угла наклона профиля колеи к горизонтالي α_m : (а) – при $A = 50$ мм, $v = 60$ км/ч, 1 – $\beta = 10^\circ$; 2 – $\beta = 20^\circ$; 3 – $\beta = 30^\circ$; (б) – при $\beta = 10^\circ$, $v = 60$ км/ч, 1 – $A = 50$ мм; 2 – $A = 100$ мм; (в) – при $\beta = 10^\circ$, $A = 50$ мм, 1 – $v = 60$ км/ч; 2 – $v = 90$ км/ч; 3 – $v = 120$ км/ч [выполнено авторами].

$$z(t) = \frac{A}{2}(1 - \cos \gamma vt), \quad (24)$$

где $\gamma = (2 \operatorname{tg} \alpha_m \sin \beta) / A$.

Выразив косинус угла α через производную функции профиля колеи, равную $\operatorname{tg} \alpha$, и используя тригонометрические тождества, получим:

$$m \ddot{\delta}_N = -k_r \delta_N + P \sqrt{1 + 0,5 A \gamma v \sin \gamma vt}. \quad (25)$$

Решение уравнения (25) имеет вид [13]:

$$\delta_N(t) = \frac{P}{mf} \int_0^t \sqrt{1 + (0,5 A \gamma v \sin \gamma v \tau)^2} \sin f(t - \tau) d\tau, \quad (26)$$

здесь $f = \sqrt{k_r / m}$ – круговая частота свободных колебаний колеса.

Интеграл в выражении (26) не вычисляется аналитически, поэтому его значения будем определять численно. В действительности нас интересует значение максимальной динамической силы $P_{N\max} = -k_r \cdot \delta_{N\max}$. Расчёты показывают, что максимум нормальной деформации шины достигается при $t \approx \pi/f$. С учётом формулы (19) можно получить максимальное значение отношения боковой силы к вертикальной нагрузке μ при выезде колеса из колеи:

$$\mu = \frac{F_{\max}}{P} = \frac{\delta_N \pi}{\delta_0 f} \sin \alpha \cos \beta. \quad (27)$$





РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 4 показаны графики зависимости параметра μ от угла наклона колеи α , под которым подразумевается его максимальное значение для профиля колеи (20): α_m . Расчёты выполнены для следующих исходных данных, типичных для легковых автомобилей: максимальный наружный диаметр колеса (шины) $D = 520$ мм; высота профиля шины $H = 100$ мм (соотношение между высотой профиля и шириной шины – 50 %); радиус кривизны боковой дорожки $r = 1,3 H$.

Результаты расчётов, приведённые на рис. 4, показывают, что изменения факторов, таких как скорость движения автомобиля и угол поворота колеса, практически не влияют на параметр μ при $\alpha_m < 5^\circ$. При таком малом значении угла наклона профиля колеи максимальная боковая сила не превосходит 25 % приложенной нагрузки на колесо.

При большем угле наклона колеи боковая сила начинает существенно возрастать с ростом угла поворота колеса и скорости движения автомобиля и может превысить приложенную нагрузку. Поэтому при большем угле наклона колеи (препятствия) угол поворота колеса и скорость автомобиля должны быть минимально допустимыми, что подтверждается практикой вождения.

Глубина колеи, по данным приведённых расчётов, оказывает меньшее влияние на величину μ с ростом α_m , что может быть связано с допущениями, принятыми в модели, в частности, такими как одноточечный контакт, одномерная упругая модель шины, пренебрежение трением и откликом упругой системы автомобиля.

Следует также отметить, что с ростом глубины колеи рассмотренная безударная модель динамического взаимодействия может быть неприменима вследствие возможного отрыва колеса от поверхности препятствия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построенная аналитическая модель взаимодействия колеса автомобиля с дорожным покрытием при преодолении дорожной колеи позволяет в первом приближении и в отсутствие детальных данных о конструкции шины, параметрах автомобиля оценить значение боковой силы, воздействующей на колесо в зависимости от основных параметров автомобиля и колеи. Модель упругой шины также может быть встроена в более сложные динамические модели автомобиля для учёта движения по неровным дорожным покрытиям.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля и его колебания. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1960. – 356 с.
2. Певзнер Я. М. Теория устойчивости автомобиля. – М.: Машгиз, 1947. – 156 с.
3. Чудаков Е. А. Теория автомобиля. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машгиз, 1950. – 344 с. [Электронный ресурс]: <https://www.chipmaker.ru/files/file/17937/> [ограниченный доступ для подписчиков].
4. Лушников Н. А., Лушников П. А., Ковалев Д. И. Об определении допустимых углов наклона боковых стенок колеи по условию устойчивости автомобиля против заноса на мокром покрытии // Дороги и мосты. – 2022. – № 1 (47). – С. 152–160. [Электронный ресурс]: <https://rosdomii.ru/upload/iblock/187/5dirodkm7wqm9sp7xba3jwu6yno8qxqt/10.-Lushnikov-N.A.pdf>. Доступ 12.09.2022.
5. Besselink, I. J. M., Achrici, S., Nijmeijer, H. Lateral Vehicle Dynamics on Rutted Roads. Advances in Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks. IAVSD 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, 2020, pp. 1242–1251. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-38077-9_143.
6. Александров А. С., Семёнова Т. В. Метод расчёта предельной глубины колеи для безопасного движения // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 1. – С. 104–116. DOI: 10.52170/1815-9265_2022_60_104.
7. Федотов Г. А., Поспелов П. И. Изыскания и проектирование автомобильных дорог. – М.: Высшая школа, 2009. – 648 с. ISBN 978-5-06-006056-0.
8. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. – М.: Мир, 1989. – 510 с. ISBN 5-03-000994-9.
9. Мозгалёв В. В., Липлянин П. К., Расчёт и конструирование резиновых изделий и форм. – Минск: БГТУ, 2010. – 149 с.
10. Бидерман В. Л. Автомобильные шины. – М.: Госхимиздат, 1963. – 384 с.
11. Работа автомобильной шины / Под ред. В. И. Кнороза. – М.: Транспорт, 1976. – 238 с.
12. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – 3-е изд., доп. и переработ. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1976. – 320 с. ●

Информация об авторах:

Цуканов Иван Юрьевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории трибологии Института проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН), Москва, Россия, ivan.yu.tsukanov@gmail.com.

Любичева Анастасия Николаевна – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории трибологии Института проблем механики им. А. Ю. Ишлинского Российской академии наук (ИПМех РАН), Москва, Россия, lyubicheva@mail.ru.

Ковалёв Денис Игоревич – преподаватель-исследователь Российского университета транспорта, Москва, Россия, kov_deni@mail.ru.

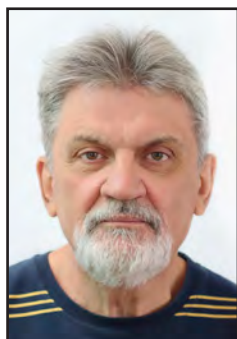
Статья поступила в редакцию 29.09.2022, одобрена после рецензирования 02.11.2022, принята к публикации 04.11.2022.



Рельсовый путь для лёгкого рельсового транспорта



Алексей ЖЕЛУДКЕВИЧ



Сергей ЗАЯРНЫЙ

*Алексей Михайлович Желудкевич¹,
Сергей Леонидович Заярный²*

^{1,2} ЗАО «КПМ–Сервис», Калуга, Россия.

² МГТУ им. Н. Э. Баумана, Калуга, Россия.

✉ ² texnakon@yandex.ru.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены и проанализированы известные конструкции и технологии изготовления рельсового пути для лёгкорельсового (или лёгкого рельсового) транспорта (ЛРТ) и оценены тенденции в развитии этого вида транспорта, а также выявлена недооценка общественного рельсового транспорта при существующей «тенденции на ликвидацию трамвайного движения» в ряде городов России, несмотря на проблемы городского наземного пассажирского транспорта, связанные с ограниченным ресурсом городского пространства.

Рассмотрены перспективы развития городского наземного пассажирского транспорта, относящегося к категории ЛРТ, с учётом внедрения новых видов подвижного состава, развития инфраструктуры, снижения стоимости, сроков модернизации существующих и строительства новых путей.

Цель данной статьи – представить вариант рельсового пути для ЛРТ, с рассмотрением его конструктивных и технологических особенностей, а также сравнительной оценкой его технико-экономических показателей. В качестве метода исследования в статье использован анализ существующего состояния, перспектив и тенденций развития ЛРТ в России, что позволило предложить вариант решения существующей проблемы городского пассажирского транспорта. Исследования отражались в соответствующих па-

тентах, в рассматриваемых заявках на предполагаемые изобретения, а также в опыте изготовления натурных образцов.

Рассмотрены и приведены сравнительные оценки известных конструкций шпального и бесшпального путей, на балластном и безбалластном основаниях, применяемого для ЛРТ.

Предложена сборная, двухуровневая конструкция безбалластного рельсового пути для ЛРТ, состоящего из свайного основания, с установленными на нём лежневыми блоками, соединёнными поперечными связями. Изложены конструктивные и технологические особенности и показаны преимущества по существенным показателям предлагаемой конструкции в сравнении с известными конструкциями рельсового пути для ЛРТ.

Показано, что предлагаемая конструкция пути позволяет формировать самодостаточную, самоорганизующуюся логистическую систему и оперативно организовывать перманентное строительство; пассажиропотоки; грузопотоки. При этом концепция «от инфраструктуры к объекту», заменяется на концепцию «от объекта к инфраструктуре», что позволяет развитию объекта опережать развитие транспортной инфраструктуры как затратной, с отдалённой окупаемостью, системы.

Ключевые слова: лёгкорельсовый транспорт, лёгкий рельсовый транспорт, трамвайные линии, скоростной трамвай, бесшпальное основание, безбалластное основание, самоорганизующаяся логистическая система.

Для цитирования: Желудкевич А. М., Заярный С. Л. Рельсовый путь для лёгкого рельсового транспорта // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 13–22. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-2>.

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время сформировалась некоторая неопределённость в оценке перспективы развития лёгкого рельсового (лёгкорельсового) транспорта. С одной стороны обозначены проблемы городского наземного пассажирского транспорта, связанные с ограниченным ресурсом городского пространства, а с другой стороны присутствует недооценка роли общественного рельсового транспорта при решении этой проблемы, наряду с «тенденциями на ликвидацию трамвайного движения» [1, с. 6] в ряде городов России.

Недооценка общественного рельсового транспорта становится всё заметнее по мере роста численности парка индивидуальных автомобилей, что приводит к увеличению пробок на дорогах и резкому (до 7–10 км/ч) снижению скорости транспортного потока.

К лёгкому рельсовому транспорту (LRT – Light Rail Transit) принято относить традиционный и скоростной трамвай. Их движение осуществляется как в общем транспортном потоке на городских улицах, так и в автономной системе, на обособленных участках пути, которые, в случае пересечённой или холмистой местности, могут выполняться на эстакадах [2]. «Международный союз общественного транспорта понимает под LRT электрический рельсовый транспорт, который развивается от трамвая до скоростной транспортной системы, работающей на частично обособленных путях (т.е. обособление на всём протяжении маршрута не требуется)» [1, с. 14; 3]. При этом, «к скоростным трамвайным линиям относятся участки трамвайных линий протяжённостью не менее 2 км, на которых достигаются расчётные скорости в часы пик до 21 км/ч и более» [1, с. 14]. Согласно СП¹, главной особенностью ЛРТ является ограниченная допустимая нагрузка на ось, а также то, что для организации его безопасного функционирования не требуется полностью автономного пространства. Это предопределяет перспективность ЛРТ, что подтверждается эволюционированием такого вида движения в це-

лом ряде стран. Имея меньшую в 1,5–2 раза по сравнению с метрополитеном допустимую нагрузку на ось, ЛРТ имеет меньшую стоимость строительства 1 км пути.

Однако даже такие затраты для городов с населением до 1,5–2 млн и его низкой плотностью являются значительными, что делает вопрос развития ЛРТ в таких городах дискуссионным и требующим всестороннего обоснования. В качестве альтернативного решения для небольших городов следует рассмотреть строительство линии ЛРТ протяжённостью лишь несколько километров по ограниченному числу коридоров, при пассажиропотоке не менее 1,5 тыс. пассажиров в час [2].

Цель данной статьи: на основании проведённых исследований представить вариант рельсового пути для ЛРТ с рассмотрением его конструктивных и технологических особенностей и сравнительной оценкой его технико-экономических показателей; на основании предлагаемого варианта рельсового пути для ЛРТ, представленного в соответствующих патентах и заявках на предполагаемые изобретения, а также в опыте изготовления натурных образцов предлагаемого ЛРТ, рассмотреть возможную концепцию его развития, обеспечивающую решение существующих и потенциально возможных проблем городского пассажирского и промышленного транспорта.

В качестве *метода* исследования использован анализ существующего состояния ЛРТ в России, который позволил выявить перспективы и тенденции развития этого вида транспорта, с учётом разнообразия условий развития транспортных инфраструктур городов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проблемы и перспективы развития ЛРТ

К преимуществам скоростного трамвая «над другими видами городского наземного пассажирского транспорта относятся в частности: повышение скорости движения и снижение среднего времени транспортной доступности в городских агломерациях; экологичность; вместимость единицы транспортного средства; низкие затраты на перевозку одного пассажира (на 40 % ниже, чем в автобусе); долговечность (жизненный цикл – до 35 лет)» [1, с. 5]. Весьма важным преимуществом ЛРТ является максимально эффек-

¹ СП 84.13330.2016. Свод правил. Трамвайные пути. Актуализированная редакция СНиП III-39-76. Дата введения 2017–06–17. Федеральное агентство по техническому регулированию. – 36 с. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/456054203>. Доступ 16.08.2022.

тивное использование ограниченного ресурса городского пространства [1; 6].

Однако несмотря на «преимущества ЛРТ над иными видами городского наземного пассажирского транспорта, сегодня в России уменьшается количество трамвайных городов и преобладает тенденция на ликвидацию трамвайного движения. По данным за 2018 год трамвайное движение имелось в 61 городе России, при этом, трамвайное движение было приостановлено: в 2007 году – в Астрахани; в 2008-м – в Иваново; в 2009-м – в Воронеже; в 2010-м – в Рязани; в 2013-м – в Ногинске (Московская область); в 2015 году – в Дзержинске (Нижегородская область); в 2018-м – в Твери и Комсомольске-на-Амуре (Хабаровский край)» [1, с. 6].

Несмотря на отмеченную негативную тенденцию к деградации трамвайной системы вплоть до её полного закрытия, отмечаются и элементы позитивного тренда, которые проявляются в разработке проектов создания новых систем рельсового транспорта (в частности с использованием имеющейся инфраструктуры), в том числе проектов, направленных на модернизацию и развитие рельсового транспорта в ряде городов Российской Федерации: Калининграде, Самаре, Владивостоке, Санкт-Петербурге [4]. Идёт работа над проектом линии скоростного трамвая, которая свяжет восток столицы с подмосковной Балашихой [5].

Кроме того, в рамках научно-исследовательской работы «Разработка транспортной стратегии Новосибирской области до 2030 года», «рельсовый городской транспорт выделен отдельным подразделом, подобно отдельному подпункту в ТС РФ»², где предусматривается «развитие городского рельсового транспорта в ядре *общественного пассажирского* транспорта Новосибирской агломерации»³. В частности, «Стратегией развития трамвая предусматривается: разработка Отраслевой схемы комплексного развития скоростного и обычного трамвая

с выделением этапов строительства и технико-экономическим обоснованием; реконструкция существующей трамвайной сети с обособлением участков пути»³.

Возможному сдвигу в распределении общих пассажиропотоков между разными видами транспорта в пользу рельсового могут способствовать его большая провозная способность при высоком уровне комфорта, а также экологичность и эстетичность.

Кроме того, перспективной является применение концепции, получившей название «трамвай-поезд», предусматривающей соединение сети городского рельсового транспорта с сетью пригородных железных дорог. При этом использование двухсистемных вагонов обеспечивает их обращение как на линиях трамвая, так и на электрифицированных линиях пригородных железных дорог. Так, подвижной состав трамвая, выходя из одного города, следует по пригородной железнодорожной линии до другого, а в пределах городской черты обращается по линиям трамвая [1; 6].

В значительной степени негативные тенденции, связанные с функционированием трамвайной отрасли, обусловлены проблемой её недофинансирования, «решению которой может способствовать реализация проектов по развитию LRT сетей с привлечением внебюджетных источников на условиях государственно-частного партнёрства» [1, с. 3].

Известные конструкции и технологии строительства пути для ЛРТ

Согласно СП¹ основные части конструкции трамвайного пути, воспринимающие нагрузку от колёс трамвайного вагона и передающие их на земляное полотно, включают в себя: рельсы, подрельсовое основание (шпалы или сплошное железобетонное основание, предназначенное для восприятия нагрузок от рельсов и передачи их на балластный слой или земляное полотно). При этом известные конструкции трамвайного пути можно подразделить на две большие группы: I – на шпальных основаниях; II – на бесшпальных основаниях. Пути на бесшпальных основаниях можно подразделить на две подгруппы: II, а – на балласте; II, б – без балласта. К их конструкции предъявляются всё те же требования, что и к железнодорожному полотну, а также

² Транспортная стратегия РФ до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение правительства РФ № 3363-3 от 27.11.2021 г. [Электронный ресурс]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112030006>. Доступ 16.08.2022.

³ Научно-исследовательская работа «Разработка транспортной стратегии Новосибирской области до 2030 года. С. 42–43. [Электронный ресурс]: <http://vseon.com/analitika/programmy/transportnaya-strategiya-nso-do-2030-goda>. Доступ 16.08.2022.



требования, накладываемые из-за движения по трамвайным путям нерельсового транспорта.

Рельсовый путь со шпальным основанием, выполненным в виде путевой решётки, имеет наибольшее распространение. Это и предопределяет одно из основных его эксплуатационных преимуществ, так как для его строительства и ремонта, например, в путевом хозяйстве ОАО «Российские железные дороги», используются различные путевые машины на железнодорожном ходу [7]. При этом наряду с ними при строительстве ЛРТ-пути в городских условиях целесообразно использовать путевые машины на комбинированном, колёсном и железнодорожном ходу, обеспечивающим необходимое качество выправки пути [8; 9]. Другими достоинствами «конструкции пути со шпальным основанием являются: низкие капитальные затраты; простота ремонта и обновления; достаточно большой срок службы» [10, с. 18].

«Однако, наряду с достоинствами, основание из щебёночного балласта имеет и существенный недостаток. Так... наличие пустот, распределённых между его частицами размером от 20 до 60 мм, при динамическом сжатии балласта, под воздействием подвижного состава, приводит к его осадке, а смещение и истирание частиц щебня приводят к его разрушению. Оптимизировать верхнее строение пути на балласте можно за счёт увеличения площади соприкосновения железобетонных шпал с балластом» [10, с. 18, 21].

«Снижение давления на балласт может быть достигнуто при отказе от поперечных шпал с заменой их продольными лежнями, большая изгибная жёсткость которых обеспечивает более равномерное распределение нагрузок на балласт» [10, с. 22]. «Простая конструкция лежней обеспечивает их лёгкий монтаж и позволяет разместить газон внутри железнодорожной колеи, что благотворно сказывается на экологии» [10, с. 22]. «Известен опыт применения лежней для трамвайных путей в Польше, а в России имеется опыт применения лежней, в том числе в тоннелях Московского метрополитена, где лежни замоноличиваются в бетон, что не требует поперечных элементов для сохранения ширины колеи» [10, с. 22]. Известны монолитные конструкции шпал-

лежней, а также разработанная авторами конструкция лежневого пути, состоящая из лежневых блоков с установленными в них рельсовыми скреплениями, соединёнными поперечными связями, выполненными в виде сборной конструкции [12]. При этом формируется сборный, замкнутый, единый рамный элемент лежневого пути, профильно-сопряжённый с лежневыми блоками, обеспечивающий формирование прямых, переходных и круговых участков лежневого рельсового пути с возможностью его выправки в профиле и плане, а также возможность их поэлементного демонтажа.

Однако существенным фактором, препятствующим широкому внедрению лежневого пути на балласте, является практическое отсутствие в путевом хозяйстве путевых машин, способных обеспечить необходимый уровень механизации выполнения работ при его строительстве и ремонте.

Альтернативой пути на балласте при реализации крупных транспортных объектов в черте города является безбалластная конструкция пути [13], к преимуществам которой относятся: стабильность геометрии пути; низкая стоимость его текущего содержания. При этом, «высокие первоначальные инвестиции на строительство окупаются благодаря снижению стоимости текущего содержания. Кроме того, важна одна из традиционных сфер применения безбалластного пути – путь на эстакаде» [13, с. 133], что особенно востребовано на сложных рельефах местностях.

«Известна конструкция пути, состоящая из бесшпального безбалластного основания NFF (Neue Feste Fahrbahn) компании Gleistechnik GmbH концерна ThyssenKrupp» [10, с. 47] и верхнего строения пути, состоящего из двух лежней, соединённых жёсткими поперечинами, образующими опорную рельсовую решётку.

«К бесшпальным основаниям относятся конструкции виброзащитного пути, состоящие из прикреплённых к подошве рельса железобетонных лежней, каждый из которых размещён в корытообразном резиновом чехле, замоноличенном в путевой бетон. Такая конструкция обеспечивает: снижение уровня вибраций и шума; снижение материалоемкости деталей рельсового скрепления; повышение производительности труда при изготовлении деталей подрельсового

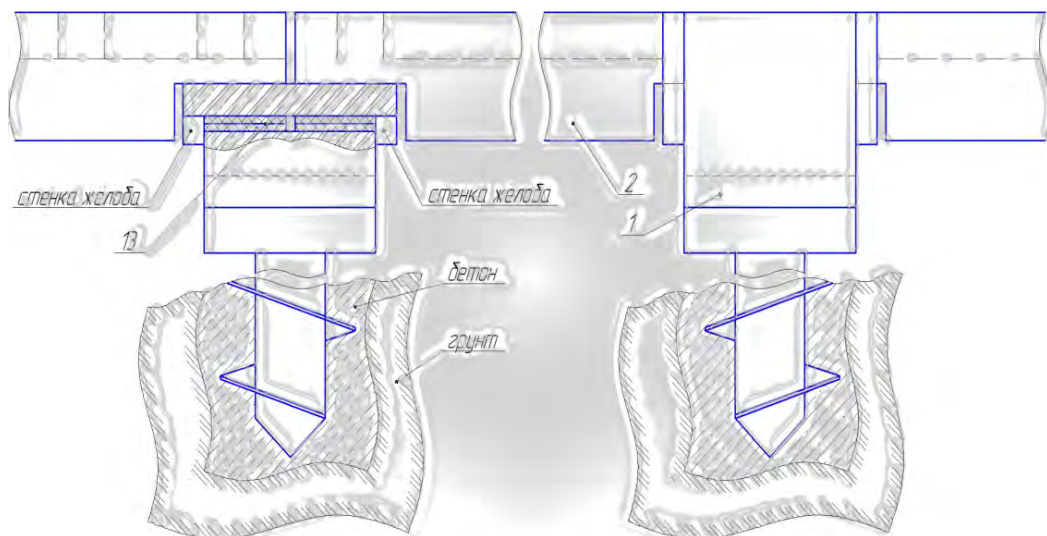


Рис. 1. Фронтальный вид предлагаемого ЛРТ-пути: 1 – монолитная свайная опора, 2 – лежневый путь сборно-рамной конструкции, 13 – парные эластичные опорные элементы [выполнено авторами].

основания, а также при текущем содержании и ремонтах пути с заменой подрельсового основания» [11, с. 52]. Эта конструкция пути может использоваться также на путях промышленного транспорта [13; 14, СП⁴].

Предлагаемая конструкция и технология строительства ЛРТ-пути

Предлагаемая ниже конструкция ЛРТ-пути, являющаяся фактической реализацией рациональной сферы применения безбалластного пути – пути на эстакаде [1, 10, 13, СП⁴], состоит из лежневых блоков с установленными в них рельсовыми креплениями, соединёнными поперечными связями, выполненными в виде сборной, двухуровневой конструкции (рис. 1, 2, 3).

На рис. 1, 2 представлен фронтальный вид и вид сверху предлагаемого ЛРТ-пути, состоящего из монолитной свайной опоры 1, элементом которой является поперечная балка 3, и установленного на них лежневого пути сборно-рамной конструкции 2.

К элементам сборно-рамной конструкции лежневого пути 2 относятся: опорная балка 4 поперечной связи верхнего уровня;

эластичные элементы 5, согласно ГОСТ⁵, выполнены со скошенной под определённым углом поверхностью, сопрягаемой с наклонной боковой поверхностью балки 3; лежневые блоки 6; распорная балка 7; винтовая стяжка 8.

На рис. 3 представлено поперечное сечение А-А предлагаемого ЛРТ-пути, на котором показаны элементы монолитной свайной опоры 1 и сборно-рамной конструкции лежневого пути 2. К элементам монолитной свайной опоры 1 относятся: свайные опоры 9 известной винтовой, буронабивной или буроинъекционной конструкции; фиксирующие монтажные блоки 10, расположенные по бокам поперечной балки 3, сформированные внутри отверстий 11 при помощи нижней металлической опалубки 12. При этом внутри отверстий 11, имеющих предпочтительно коническую форму, выводятся окончания арматуры поперечной балки 3.

К элементам сборно-рамной конструкции лежневого пути 2 относятся: опорная балка 4; эластичные элементы 5, выполненные со скошенной под определённым углом поверхностью, сопрягаемой с наклонной боковой поверхностью балки 3; парные эластичные

⁴ СП 37.13330.2012. Свод правил. Промышленный транспорт. Industrial transport. Актуализированная редакция СНиП2.05.07-91. Дата введения 2013-01-01. [Электронный ресурс]: https://hseblog.ru/kb/document/2996/files/11810/СП%2037.13330.2012%20Промышленный%20транспорт.%20Актуализированная%20редакция%20СНиП%202.05.07-91%20%28с%20Изменениями..._Текст.pdf. Доступ 16.08.2022.

⁵ ГОСТ 32020.2012. Опорные части резиновые для мостостроения. Технические условия (EN 1337-1:2000, NEQ) (EN 1337-3:2005, NEQ) (EN 1337-11:1997, NEQ). [Электронный ресурс]: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1663591807&tld=ru&lang=ru&name=4293781960.pdf&text=.%20ГОСТ%2032020&url=https%3A%2F%2Ffiles.stroyinf.ru%2FData2%2F1%](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1663591807&tld=ru&lang=ru&name=4293781960.pdf&text=.%20ГОСТ%2032020&url=https%3A%2F%2Ffiles.stroyinf.ru%2FData2%2F1%20). Доступ 16.08.2022.



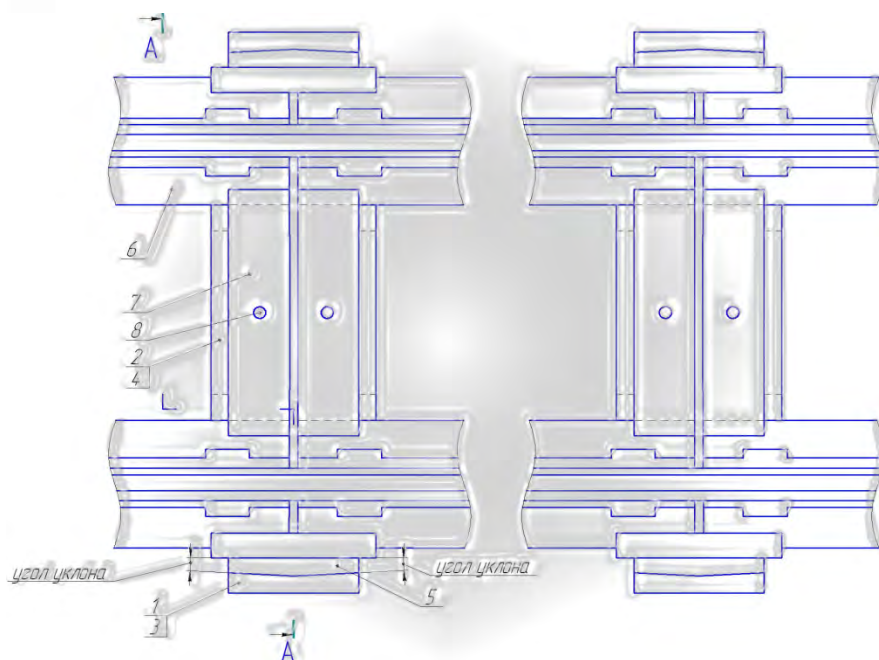


Рис. 2. Вид сверху предлагаемого ЛРТ-пути: 1 – монолитная свайная опора, 2 – лежневый путь сборно-рамной конструкции, 3 – поперечная балка, 4 – опорная балка, 6 – лежневый блок, 7 – распорная балка, 8 – винтовая стяжка [выполнено авторами].

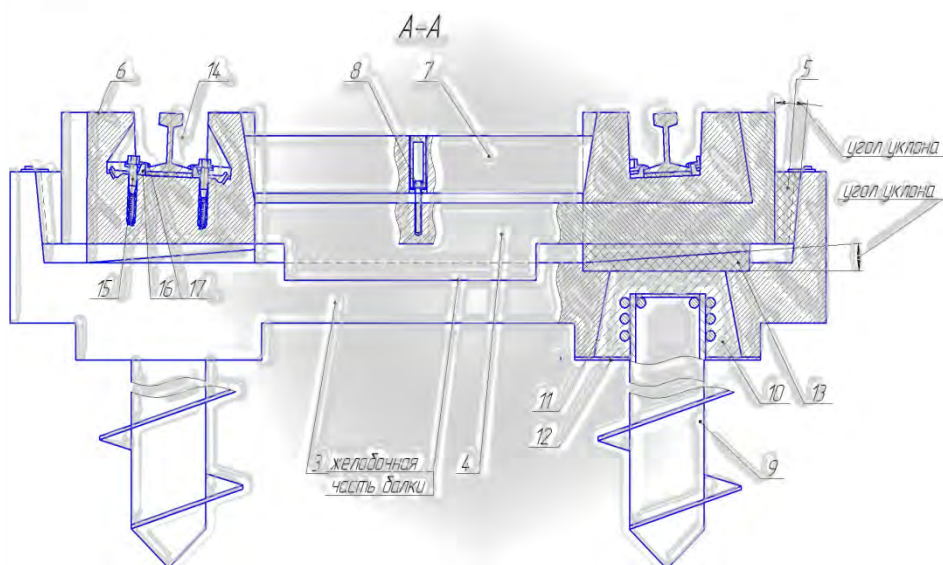


Рис. 3. Сечение А-А предлагаемого ЛРТ-пути: 3 – поперечная балка, 4 – опорная балка, 5 – эластичные элементы, 6 – лежневый блок, 7 – распорная балка, 8 – винтовая стяжка, 9 – свайные опоры, 10, 11 – фиксирующие бетонные блоки в отверстие, 12 – металлическая опалубка, 13 – парные эластичные опорные элементы, 14 – желоба лежневых блоков, 15, 16, 17 – крепления рельсового пути [выполнено авторами].

опорные элементы 13 со скошенными под определённым углом сопрягаемыми поверхностями; лежневые блоки 6; распорная балка 7; винтовая стяжка 8. В желобах 14 лежневых блоков 6 выполнены ниши для установки

скреплений рельсового пути 15, 16, 17 известной конструкции.

Сопрягаемые внутренние поверхности лежневых блоков 6 и торцевые поверхности распорной балки 7 выполнены с уклоном, что

обеспечивает их расклинивание в пределах, ограниченных боковыми поверхностями опорной балки 4, распорным усилием, достигаемым установкой между опорной балкой 7 и распорной балкой 4 винтовой стяжки 8.

Для формирования ЛРТ-пути свайные опоры, выполненные согласно СП⁶, устанавливаются по проектным точкам пути в профиле и плане. Затем устанавливаются промышленно изготовленные поперечные балки 3. После возможной корректировки положения поперечной балки 3 в профиле и плане осуществляется заливка бетона в пространство, ограниченное поверхностью отверстий в поперечной балке 3 и предварительно установленных нижних металлических опалубок 12. Это обеспечивает формирование фиксирующих монтажных блоков 10 и, как следствие, монолитной свайной опоры 1.

На сформированное монолитное свайное основание 1 устанавливается сборно-рамная конструкция 2 лежневого пути, при этом на поперечную балку 3 монолитной свайной опоры 1 устанавливается поперечная опорная балка 4. Между опорными и боковыми поверхностями балок 3, 4 устанавливаются эластичные элементы 5, 13, обеспечивающие регулировку и фиксацию относительного положения балок 3, 4. Эластичные элементы 13 выполнены парными, со скошенными под некоторым углом сопрягаемыми поверхностями.

Их относительное продольное смещение обеспечивает регулировку относительного вертикального положения балок 3, 4 и тем самым корректировку положения лежневого пути в профиле. Эластичные элементы 5 выполнены со скошенной под некоторым углом поверхностью, сопрягаемой с наклонной боковой поверхностью балки 3. Вертикальное смещение эластичных элементов 5 по обеим боковым сторонам балки 3 обеспечивает регулировку и фиксацию поперечного, относительно оси пути, положения балок 3, 4 и, тем самым, корректировку положения лежневого пути в плане. После установки опорных балок 4 лежневого пути на них размещаются концевые части лежневых бло-

ков 6, фиксируемые своими наружными боковыми поверхностями по их внутренним боковым поверхностям. После этого между внутренними поверхностями лежневых блоков 6 устанавливаются распорные балки 7, фиксируемые своими торцевыми поверхностями по наклонным внутренним боковым поверхностям лежневых блоков. Сочетание этих сопряжений формируют два трёхэлементных профильных соединения, исполнение которых обладает свойством самофиксации под действием собственного веса распорной балки 7. При необходимости дополнительная фиксация такого соединения может быть обеспечена стягиванием опорной и распорной балок посредством стяжки 8. Последовательность перечисленных операций обеспечивает формирование сборного, замкнутого, единого элемента рамного лежневого пути с возможностью демонтажа. После установки рельса устанавливаются элементы крепежа рельса 15, 16, 17 известной конструкции.

При освоении новых территорий, на которых отсутствует дорожная инфраструктура, строительство ЛРТ-пути целесообразно производить в два этапа. На первом этапе строительство ЛРТ-пути выполняется в промежуточном, технологическом варианте. В этом случае не осуществляется заливка бетона в пространство, ограниченное поверхностью отверстий в поперечной балке 3 и предварительно установленных нижних металлических или железобетонных опалубок 12. Это обеспечивает формирование подвижной в поперечном направлении и неподвижной в вертикальном направлении опоры фиксирующих монтажных блоков 10. Формируемый при этом технологический путь позволяет перемещаться по нему технологическим путевым машинам, обеспечивающим строительство ЛРТ-пути в прямом направлении от исходной к конечной точкам, по схеме «положил–проехал». При движении в обратном направлении осуществляются инъекция бетона в свайные опоры, возможная корректировка положения поперечной балки 3 в профиле и плане, заливка бетона в пространство, ограниченное поверхностью отверстий в поперечной балке 3 и опалубок 12. Это обеспечивает формирование монолитной свайной опоры 1.

Для путей ЛРТ с большой транспортной нагрузкой важное значение имеет организа-

⁶ СП 24.13330.2021. Свод правил. Свайные фундаменты. Pile foundations. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03–85. Дата введения 2011–05–20. [Электронный ресурс]: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1663826580&tld=ru&lang=ru&name=SP_24.13330.2011. Доступ 16.08.2022.



Таблица 1

Сравнение стоимости известного по данным ЖелДорСпецПроекта* балластного и предлагаемого безбалластного ЛРТ-пути [выполнено авторами]

№ п/п	Наименование	Стоимость,	
		млн руб./км	млн руб./км
		известный балластный ЛРТ-путь ⁶	предлагаемый безбалластный ЛРТ-путь
1	Земляное полотно	3,1	0
2	Верхнее строение пути		
2.1	Укладка пути отдельными элементами	9,8	2,5
2.2	Балластировка пути	1,7	0
2.3	ВПП	4,2	0
3.	Материалы		
3.1	Рельсы 65	10,4	10,4
3.2	Шпалы	5,7	0
3.3	Накладки 2Р-65 и элементы	1,1	0
3.4	Песок, суглинок, щебень (всего 14000 м³)	8,3	0
	Бетон, 20 м³	0	0,12
3.5	Прочее	4,9	4,9
4	Погрузка и транспорт материала	4,2	0,42
5	Свайное основание, 990 шт./км	0	10,5
6	Опорная балка (ростверк), 330 шт./км	0	1
7	Распорная балка, 330 шт./км	0	0,66
8	Лежень, 660 шт./км	0	6,6
	Всего	53,4	37,1

*Стоимость строительства 1 км железной дороги / ЖелДорСпецПроект проектно-строительная компания. [Электронный ресурс]: <https://желдорспецпроект.рф/calculate>. Доступ 16.08.2022.

ция их ремонта и текущего обслуживания [15]. Говоря о транспорте в черте города, среди самых главных проблем стоит выделить проблемы текущего содержания, имеющие место в условиях плотной городской застройки, и проблемы частоты проведения ремонтов, а также предоставления «окон». Конструкция и высокая промышленная готовность элементов пути предлагаемой конструкции предполагает ремонт пути заменой её элементов, а выправку пути – по реперным точкам над свайным основанием. Это существенно сокращает стоимость и продолжительность выполнения работ.

Рассмотрение известных и предлагаемой конструкции ЛРТ-пути позволяет сравнить их по основным показателям качества.

Конструкция: модульная, объединяющая несущие элементы и элементы рельсового пути с высокой промышленной готовностью; формируется из раздельно монтируемых элементов, скреплённых профильными соединениями, и не предполагает использования междурельсовых креплений; эффективна на прямых и кривых участках пути небольшого радиуса; в комбинации с плитным основанием обеспечивает формирование кривых участков пути с малым радиусом.

Технология: высокая промышленная готовность; высокая степень мобильности и механизации при модернизации, строительстве и эксплуатации рельсового пути с использованием машин на комбинирован-

⁶ Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 13–22

Таблица 2

Сравнительные показатели качества рельсовых путей [выполнено авторами]

Показатели качества	Балластный путь	Безбалластный путь	Предлагаемая конструкция пути
Капитальные затраты на строительство	средние (1)	высокие (0)	низкие (2)
Затраты на текущее содержание	высокие (0)	низкие (2)	низкие (2)
Возможность выправки пути	высокая (2)	низкая (0)	средняя (1)
Возможность восстановления	высокая (2)	средняя (1)	средняя (1)
Гашение шума и вибрации	высокая (2)	средняя (1)	средняя (1)
Унификация элементов пути	высокая (2)	средняя (1)	средняя (1)
Обобщённый показатель	9	5	8

ном ходу с навесным стандартным и специализированным оборудованием.

Эксплуатация: модульная конструкция обеспечивает сокращение времени ремонта и текущего обслуживания; обеспечивает эффективное поддержание нормативного положения пути в профиле и плане.

Область применения: модернизация старых и строительство новых трамвайных путей; строительство рельсовых путей скоростного трамвая; строительство рельсовых путей для лёгкого транспорта промышленных предприятий; строительство рельсовых путей как первичной транспортной инфраструктуры при освоении новых территорий промышленных зон.

Особо необходимо отметить, что исторически лежневый путь использовался как дорожная структура на неосвоенных территориях. Предлагаемая конструкция ЛРТ позволяет практически реализовать такую возможность, так как является самодостаточной самоорганизующейся логистической системой, позволяющей оперативно организовать перманентное строительство, пассажиропотоки, грузопотоки. С учётом организационных, логистических и инфраструктурных выгод это существенно сокращает сроки освоения удалённых и труднодоступных территорий.

При этом концепция «от инфраструктуры к объекту» заменяется на концепцию «от объекта к инфраструктуре». В этом случае развитие объекта может опережать развитие транспортной инфраструктуры как затратной, с отдалённой окупаемостью, системы.

В качестве подвижного состава в системе строительства и ремонта ЛРТ-пути может использоваться подвижной состав (транспортные средства) на комбинированном ходу [9].

Сравнительный анализ затрат по данным проектно-строительной компании «ЖелДор-СпецПроект» и ЗАО «КПМ Сервис» за 2022 г. приведён в табл. 1, из которой следует, что экономия затрат на изготовление предложенного безбалластного ЛРТ-пути, по сравнению с затратами на изготовление балластного ЛРТ-пути, составляет около 30 %.

Сравнительные показатели качества рельсового пути с учётом работы [11] и данных ЗАО «КПМ Сервис», определённые экспертным методом и приведённые в табл. 2, показывают, что предлагаемая конструкция безбалластного ЛРТ-пути по основным показателям (строки 1, 2) превосходит, а по обобщённому показателю не уступает показателям качества балластного пути.

Выводы

Перспективы развития городского наземного пассажирского транспорта, относящегося к категории ЛРТ, связаны с внедрением новых видов подвижного состава, развитием инфраструктуры, снижением стоимости, сроков модернизации существующих и строительства новых путей. Социально-экономические эффекты реализации ЛРТ-проектов изучены в многочисленных научных источниках, относящихся к практике США, Японии, Индонезии, Малайзии [16–19], содержащих сравнительную оценку городских ЛРТ-систем и систем, преимущественно ориентированных на автобусное сообщение [20].

Проведённые авторами исследования позволили представить вариант рельсового пути для ЛРТ, а рассмотрение его конструктивных и технологических особенностей, а также относительных технико-экономических показателей – определить его перспек-





тивность. Кроме того, предлагаемый вариант рельсового пути для лёгкорельсового транспорта позволяет сформировать взамен концепции «от инфраструктуры к объекту» концепцию развития ЛРТ на принципе «от объекта к инфраструктуре», при которой развитие объекта может опережать развитие транспортной инфраструктуры как затратной, с отдалённой окупаемостью, системы.

Полученные результаты позволяют предположить, что предложенная конструкция ЛРТ наряду с технологией её изготовления является одним из возможных вариантов решения проблемы модернизации существующих и строительства новых путей лёгкорельсового пассажирского и промышленного транспорта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Качкин Д., Арутюнян Л. Оценка перспектив развития ГЧП в городском наземном рельсовом транспорте // Качкин и партнёры, адвокатское бюро, 2019. – 43 с. [Электронный ресурс]: https://www.kachkin.ru/wp-content/uploads/2019/10/kachkin_tram_2019_fin_web.pdf. Доступ 06.09.2022.
2. Котляров М. А. Городской пассажирский транспорт / Часть 1. Транспорт в системе устойчивого городского развития. – Екатеринбург: типография «Альфа Принт», 2019. – 30 с. ISBN 978-5-907080-50-8.
3. Городской рельсовый транспорт – концепция и реализация // Железные дороги мира. – 2009. – № 11. – С. 29–36. [Электронный ресурс]: https://zdmira.com/images/pdf/dm2009-11_29-36.pdf. Доступ 06.09.2022.
4. Резников И. Л., Истомина Л. Ю., Баранов А. С., Сабельникова Е. С. Определение оптимального вида рельсового транспорта для городов России: опыт Калининграда, Самары, Владивостока, Санкт-Петербурга // Транспорт Российской Федерации / Специальный выпуск. – 2015. – С. 15–21. [Электронный ресурс]: http://rostransport.com/science_transport/pdf/2015/15-21.pdf. Доступ 16.08.2022.
5. Проект скоростного трамвая // Мир транспорта. – 2013. – № 3 (57). [Электронный ресурс]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/378>. Доступ 17.09.2022.
6. Дранченко Ю. Н. Организация пассажирских железнодорожных перевозок в мегаполисной системе «Город-пригород» / Дис... к.т.н. – М.: РУТ (МИИТ), 2019. – 248 с. [Электронный ресурс]: https://rut-miit.ru/content/Диссертация.pdf?id_wm=811503. Доступ 17.09.2022.
7. Попович М. В., Бугаенко В. М., Волковойнов Б. Г. [и др.]. Путевые машины: Учебник / Под ред. М. В. Поповича, В. М. Бугаенко. – М.: Желдориздат, 2007. – 756 с. ISBN 978-5-9994-0003-1.
8. Тарасов Д. Э. Подвижной состав на комбинированном ходу в России: развитие // Мир транспорта. –

2017. – Т. 15. – № 2 (69). – С. 74–80. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-2-7>.

9. Байко Н. И., Заярный С. Л., Мокин Д. Г. Исследование математической модели выправки железнодорожного пути машиной на комбинированном ходу // Сб.: Научно-технические работы в приборостроении и развитии инновационной деятельности в вузе. Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Т. 3. – С. 23–27. [Электронный ресурс]: https://conference.bmstu-kaluga.ru/uploads/userfiles/december_2017_3.pdf. Доступ 20.09.2022.

10. Савин А. В. Условия применения безбалластного пути / Дис... д.т.н. – М.: ВНИИЖТ, 2017. – 386 с. [Электронный ресурс]: https://rgups.ru/site/assets/files/92460/dissertatcia_savin_na_sait_07.09.2017.pdf. Доступ 20.09.2022.

11. Кравченко Н. Д. Новые конструкции железнодорожного пути для метрополитена / Дис... д.т.н. – М.: ВНИИЖТ, 1998. – 403 с. [Электронный ресурс]: <https://www.dissertat.com/content/novye-konstruktsii-zheleznodorozhnogo-puti-dlya-metropolitenov> [платный доступ].

12. Патент 2765269. Российская Федерация. Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 27.01.2022 г. [Электронный ресурс]: <https://patent.ru/patent/RU2765269C1>. Доступ 16.08.2022.

13. Цыпин П. Е., Разуваев А. Д. Выгоды безбалластной конструкции пути для крупных транспортных объектов // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15. – № 3 (70). – С. 132–138. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-3-12>.

14. Кравченко Н. Д., Башлыков А. В., Курило Ю. А. Малообслуживаемый железнодорожный путь наземных участков с железобетонным основанием для промышленного транспорта // Промышленный транспорт XXI век. – 2013. – № 1. – С. 45–48.

15. Черлунчакевич В. Ускоренные технологии TINES для трамвайных путей // Мир транспорта. – 2017. – Т. 15. – № 2 (69). – С. 48–59. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-2-5>. [Электронный ресурс]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/1152>. Доступ 16.08.2022.

16. Baker, D. M., Lee, B. How Does Light Rail Transit (LRT) Impact Gentrification? Evidence from Fourteen US Urbanized Areas. Journal of Planning Education and Research, 2019, Vol. 39 (1), pp. 35–49. DOI: <https://doi.org/10.1177/0739456X17713619>.

17. Koike, H. Mobility perspective for a local city in Japan. IATSS Research, 2014, Vol. 38, 8 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2014.05.006>.

18. Tjahjono, T., Kusuma, A., Septiawan, A. The Greater Jakarta Area Commuters Travelling Pattern. Transportation Research Procedia, Vol. 47, 2020, pp. 585–592. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.135>.

19. Seuk Yen Phoong, Seuk Wai Phoong, Sedigheh Moghavvemi, Kok Hau Phoong. User Perception on Urban Light Rail Transit. Civil Engineering and Architecture, 2019, Vol. 7, No. 6A, pp. 43–49. DOI: <https://doi.org/10.13189/cea.2019.071405>.

20. Losa, M., Pratelli, A., Riccardi, C. The integration of buses with a high level of service in the medium cities urban context. WIT Transactions on The Built Environment, Vol. 138, 2014. DOI: <https://doi.org/10.2495/UT140141>. ●

Информация об авторах:

Желудкевич Алексей Михайлович – генеральный директор ЗАО «КПМ Сервис», Калуга, Россия, kpt96@mail.ru.

Заярный Сергей Леонидович – кандидат технических наук, Калужский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, технический директор ЗАО «КПМ Сервис», Калуга, Россия, texnakon@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 08.09.2022, одобрена после рецензирования 28.10.2022, принята к публикации 11.11.2022.

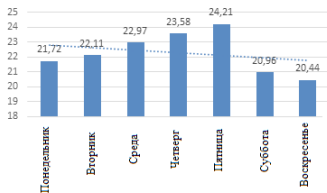


ТПУ 24

Взаимодействие наземного и железнодорожного пассажирского транспорта в транспортно-пересадочном узле. Режим движения электропоездов и комфортная пересадка пассажиров.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ АВТОМОБИЛИ 29

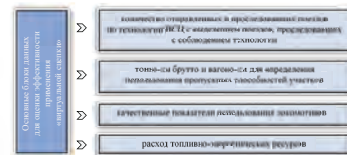
Правовая база и правовое регулирование: легализация новых понятий.



АВТОПЕРЕВОЗКИ 35

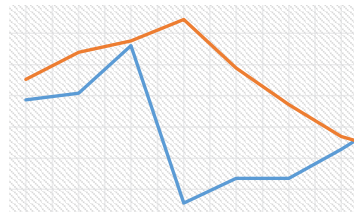
Как правильно рассчитать цены на транспортные услуги, когда нет обратной загрузки. Анализ и предложения, связанные с опытом ЕС.

УПРАВЛЕНИЕ И ЭКОНОМИКА



УСКОРЕНИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ 46

Виртуальная сцепка: проблемы, решения, контрольные параметры, мотивация вовлечённости персонала.



АВИАЦИЯ 54

Ценообразование и авиабилеты: можно ли выделить преобладающий тренд?



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 656.22

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-3>

Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 24–28

Оптимальный режим взаимодействия наземного городского пассажирского транспорта с железнодорожным транспортом в ТПУ



Сергей ВАКУЛЕНКО



Надежда ЕВРЕЕНОВА



Кирилл КАЛИНИН

Сергей Петрович Вакулenco¹, Надежда Юрьевна Евреенова², Кирилл Антонович Калинин³

^{1, 2, 3} Российский университет транспорта, Москва, Россия.

✉ ² nevreenova@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

Развитие инфраструктуры транспортно-пересадочного узла в настоящее время необходимо для обеспечения растущего спроса на пассажирские услуги и недопущения инфраструктурных ограничений технологической модернизации транспорта в целом. Крупномасштабные инфраструктурные проекты имеют выраженный комплексный характер, вовлекая в свою сферу множество сопряжённых отраслей, что приводит, в конечном счёте, к дополнительному приращению ВВП. Современный транспортно-пересадочный узел – это общественно-деловой центр, который обеспечивает качество услуг, безопасность, технологическую надёжность и формирует экономически активную среду на базе развития пассажирской инфраструктуры. Учитывая последние мировые тренды в области пассажирских перевозок – мультимодальность, скорость, комфорт и безопасность перевозок пассажиров – остро возникла необходимость создания современных транспортно-пересадочных узлов.

Минимизации времени пересадки пассажира между взаимодействующими видами транспорта в ТПУ можно достичь путём согласования контактных графиков работы

разных видов транспорта. Для этого, в первую очередь, необходимо решить задачу определения оптимального режима взаимодействия наземного городского пассажирского транспорта с железнодорожным транспортом.

Целью исследования в данной статье выступает определение режима подвода наземного городского пассажирского транспорта, при котором обеспечивается минимальное время нахождения пассажира в ТПУ в соответствии с установленным режимом движения электропоездов для данного транспортно-пересадочного узла ТПУ. Для уменьшения размерности задачи принято, что все электропоезда будут иметь одинаковую композицию.

В контексте исследования были задействованы методы теории расписаний. В качестве результата исследования приведена формализованная задача определения оптимального режима взаимодействия наземного городского пассажирского транспорта в транспортно-пересадочных узлах на примере взаимодействия железнодорожного и городского автомобильного транспорта с учётом всех имеющихся ограничений.

Ключевые слова: взаимодействие видов транспорта, теория расписаний, наземный городской пассажирский транспорт, транспортно-пересадочный узел, железнодорожный транспорт.

Для цитирования: Вакулenco С. П., Евреенова Н. Ю., Калинин К. А. Оптимальный режим взаимодействия наземного городского пассажирского транспорта с железнодорожным транспортом в ТПУ // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-3>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Инфраструктура транспортно-пересадочного узла (ТПУ) является важной составной частью пассажирского комплекса страны [1]. ТПУ как важнейший элемент транспортной инфраструктуры, обеспечивающий пассажирское сообщение, имеет большое социально-экономическое значение [2–4]. Современный ТПУ может и должен рассматриваться как точка роста социальной и деловой активности населения. В зарубежной практике функционирования ТПУ накоплен богатый опыт создания многофункциональных общественно-деловых комплексов [5–7]. Примеры таких ТПУ мы видим в Европе, странах Азии, в США.

Значимым аспектом повышения качества обслуживания пассажиров в ТПУ является минимизация времени пересадки пассажира между взаимодействующими видами транспорта [8], которую можно достичь путём согласования контактных графиков работы разных видов транспорта. В первую очередь необходимо решить задачу об определении оптимального режима взаимодействия наземного городского пассажирского транспорта (НГПТ) с железнодорожным транспортом [9; 10], используя методы теории расписаний [11–13].

ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сформулируем задачу определения оптимального режима взаимодействия видов транспорта в ТПУ на примере взаимодействия железнодорожного транспорта и НГПТ (автобусы, троллейбусы, трамваи, маршрутное такси, такси, личный автотранспорт).

В ТПУ прибывают электропоезда с пассажирами, пересаживающимися на НГПТ назначением в $n \in [1 \dots N]$ пунктов, при этом место расположения рассматриваемого ТПУ обозначим $n_0 = 0$. С каждого из этих пунктов в ТПУ прибывают пассажиры с целью совершения пересадки на электропоезд. Известны вместимость и параметры рассматриваемого ТПУ, число маршрутов городского транспорта, взаимодействующих в ТПУ, композиция электропоездов различных назначений.

Цель исследования – определить режим подвода городского пассажирского транспорта, при котором обеспечивается минимальное время нахождения пассажира в ТПУ в течение периода планирования $t \in [0 \dots T]$, разделённого на $\vartheta_{\max}$ равных промежутков в соответствии с установленным режимом движения электропоездов для рассматриваемого ТПУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Математическая формулировка задачи

Для формализации задачи опишем работу каждого вида транспорта и ТПУ в виде системы ограничений.

Работа железнодорожного транспорта

Пусть имеется характеристика выделенных временных периодов $pt_1, pt_2, \dots, pt_{\vartheta_{\max}}, pt \in \mathbb{N}$, где протяжённость характеризуемого периода зависит от величины дискретизации задач, каждая из которых представляет собой приведённую оценку $\frac{T}{\vartheta}$, мин рассматриваемого периода работы ТПУ. Каждый pt_{ϑ} характеризуется моментом времени начала промежутка t_i^{ϑ} и моментом его окончания t_{i+1}^{ϑ} .

Для уменьшения размерности задачи предположим, что все электропоезда будут иметь одинаковую композицию [14–16], тогда максимальное число пассажиров, которое может прибыть электропоездом, обозначим g , время посадки в электропоезд и высадки из него примем τ . В качестве дополнительного ограничения примем, что посадка в электропоезд одного направления может начинаться только после высадки пассажиров из него [17–19].

Сформулируем эти ограничения следующим образом: $0 \leq t_i^{\vartheta} < t_{i+1}^{\vartheta} \leq T$, $(t_{i+1}^{\vartheta} - t_i^{\vartheta}) \geq 2\tau$.

Работа НГПТ

Обозначим τ_n – время движения городского пассажирского транспорта в n пункт, мин; общее количество подвижного состава городского пассажирского транспорта следующего в n пункт за рассматриваемый период T обозначим $s \in [1 \dots S]$,

$\tau_{s_{\max}n}^s$ – время посадки/высадки в НГПТ в пункте n ; $Q(t_i^{\vartheta}) = \{q_n(t_i^{\vartheta})\}$ $n \in \overline{1, N}$ – вектор наличия пассажиров для доставки в ТПУ; $q_n(t_i^{\vartheta}) = 1$, если в пункте n есть пассажиры, которые в момент t_i^{ϑ} могут быть доставлены в ТПУ и $q_n(t_i^{\vartheta}) = 0$ в противном случае; M_n^s – максимальное число рейсов НГПТ (s) из ТПУ в пункт n ; P – пропускная способность ТПУ по обработке НГПТ. Городской транспорт назначением в пункт n имеет разную вместимость h_n^s .

Составим систему ограничений, описывающую транспортный процесс при помощи булевых переменных (1–12).



$$\overline{U_{0n}^{sm_n^s}}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \\ \text{ в } m_n^s \text{ рейсе движется с пассажирами из ТПУ в пункт } n; \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (1)$$

$$U_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \\ \text{ в } m_n^s \text{ рейсе движется без пассажиров из ТПУ в пункт } n; \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (2)$$

$$\overline{U_{n0}^{sm_0^s}}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \text{ в } m_0^s \text{ рейсе} \\ \text{ движется с пассажирами в ТПУ из пункта } n; \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (3)$$

$$U_{n0}^{sm_0^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \text{ в } m_0^s \text{ рейсе} \\ \text{ движется без пассажиров в ТПУ из пункта } n; \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (4)$$

$$V_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) = \overline{U_{0n}^{sm_n^s}}(t_i^g) + U_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) \quad (5)$$

$$V_{n0}^{sm_0^s}(t_i^g) = \overline{U_{n0}^{sm_0^s}}(t_i^g) + U_{n0}^{sm_0^s}(t_i^g) \quad (6)$$

$$\overline{Z_n^{sm_n^s}}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \text{ после} \\ m_n^s \text{ рейса находится под посадкой в пункте } n; \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (7)$$

$$Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \text{ после} \\ m_n^s \text{ рейса находится под высадкой в пункте } n; \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (8)$$

$$\overline{Z_0^{sm_0^s}}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \text{ после} \\ m_0^s \text{ рейса находится под посадкой в ТПУ;} \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (9)$$

$$Z_0^{sm_0^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, \text{ если в момент } t_i^g \text{ городской транспорт } s \text{ после} \\ m_0^s \text{ рейса находится под высадкой в ТПУ;} \\ 0 \text{ в остальных случаях;} \end{cases} \quad (10)$$

$$W_n^{sm_n^s}(t_i^g) = \overline{Z_n^{sm_n^s}}(t_i^g) + Z_n^{sm_n^s}(t_i^g); \quad (11)$$

$$W_0^{sm_0^s}(t_i^g) = \overline{Z_0^{sm_0^s}}(t_i^g) + Z_0^{sm_0^s}(t_i^g). \quad (12)$$

В любой момент t_i^g на рассматриваемом интервале pt_g любое транспортное средство s может находиться только в одном из следующих восьми состояний: в движении из ТПУ в пункт n в рейсе m_n^s с пассажирами и без; в движении из пункта n в ТПУ в рейсе m_0^s с пассажирами и без; в ТПУ после m_0^s рейса под посадкой и под высадкой; в пункте n после рейса m_n^s под посадкой и под высадкой.

Для каждого вида НГПТ в любые два последовательных момента времени $t_i^g, t_{i+1}^g \in [0, T]$ имеет место только одна из восьми ситуаций при движении по связанному маршруту в момент:

– t_i^g и t_{i+1}^g транспортное средство движется в пункт n из ТПУ;

– t_i^g и t_{i+1}^g транспортное средство движется из пункта n в ТПУ;

– t_i^g НГПТ движется в пункт n из ТПУ и в момент t_{i+1}^g он находится в пункте n ;

– t_i^g НГПТ движется в ТПУ из пункта n и в момент t_{i+1}^g он находится в ТПУ;

– t_i^g и t_{i+1}^g НГПТ находится в пункте n ;

– t_i^g и t_{i+1}^g транспортное средство находится в ТПУ;

– t_i^g НГПТ находится в пункте n и в момент t_{i+1}^g он движется в ТПУ;

– t_i^g НГПТ находится в ТПУ и в момент t_{i+1}^g он движется в пункт n .

Для того, чтобы НГПТ s находился в каждые два последовательных момента t_i^g и t_{i+1}^g только в одной из восьми перечисленных ситуаций, необходимо и достаточно следующих ограничений:

$$\sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} \overline{U_{0n}^{sm_n^s}}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} \overline{U_{0(n+k)}^{sm_{n+k}^s}}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (13)$$

при этом $\forall s \in \overline{1, S}, \forall n \in \overline{1, N}, \forall t_i^g, t_{i+1}^g \in \overline{0, T}$;
 k – переменная характеризующая разницу
 в порядковом номере пункта n и всех остальных
 рассматриваемых пунктов в массиве
 $(k < n; k \in [1-N; N-1] \ 0 < n+k < N; k \in \mathbb{Z})$.

Эти ограничения запрещают ситуацию, при
 которой транспортное средство s в два после-
 довательных момента времени движется из ТПУ
 в два разных пункта.

Ограничение

$$\sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{n0}^{sm_{n+k}^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{(n+k)0}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1 \quad (14)$$

запрещает ситуацию, при которой НГПТ s
 в два последовательных момента времени
 движется в ТПУ из двух разных пунктов.

Ограничение

$$\sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} W_n^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{\substack{k=1-N \\ k \neq n}}^{M_{n+k}^s} W_{n+k}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1 \quad (15)$$

запрещает ситуацию, в которой транспортное
 средство s в два последовательных момента
 времени находится в разных пунктах.

Ограничения

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} V_{n0}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{\substack{k=1-N \\ k \neq n}}^{M_{n+k}^s} W_{n+k}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1; \quad (16)$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} U_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{\substack{k=1-N \\ k \neq n}}^{M_{n+k}^s} W_{n+k}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1 \quad (17)$$

запрещают ситуацию, в которой НГПТ s в мо-
 мент t_i^g движется из пункта n в ТПУ, а в сле-
 дующий момент t_{i+1}^g находится в пункте $n+k$
 и когда в момент t_i^g движется из ТПУ в пункт
 n , а в момент t_{i+1}^g находится в пункте $n+k$.

Ограничения

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} U_{n0}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) \leq 1, \quad (18)$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} U_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) \leq 1 \quad (19)$$

запрещают ситуацию, в которой НГПТ s дви-
 жется в момент t_i^g в пункт n (в ТПУ) с пасса-
 жирами, а в момент t_{i+1}^g осуществляет посадку
 в пункте n (в ТПУ).

Ограничения

$$\sum_{j=1}^N |V_{n0}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{n0}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g)| \leq 1, \quad (20)$$

$$\sum_{n=1}^N |V_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{0n}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g)| \leq 1 \quad (21)$$

запрещают ситуацию, в которой НГПТ s в два
 последовательных момента времени движется
 в разных рейсах между ТПУ и любым из пунктов.

Ограничение

$$\sum_{n=1}^N |W_n^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} W_n^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g)| \leq 1 \quad (22)$$

запрещает ситуацию, в которой городской пас-
 сажирский транспорт s в два последовательных
 момента времени находится (после разных
 рейсов) в любом пункте.

В каждый момент $t_i^g \in \overline{0, T}$ число подвиж-
 ного состава НГПТ, находящегося в ТПУ, не
 должно превышать его пропускной способности
 по обработке НГПТ:

$$\sum_{s=1}^S \sum_{m_0^s=1}^{M_0^s} W_0^{sm_0^s}(t_i^g) \leq P. \quad (23)$$

Условие на вывоз пассажиров запрещает
 ситуацию, когда НГПТ выходит из пункта n
 с пассажирами в момент t_{i+1}^g , а в предыдущий
 момент в пункте n не было пассажиров для
 вывоза в ТПУ.

Оно записывается в виде:

$$\sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} U_{n0}^{sm_n^s}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (24)$$

$$\forall t_i^g, n, q_n(t_i^g) = 0.$$

Начальные и конечные условия задаются
 путём фиксации всех переменных:

$$V_{0n}^{sm_n^s}(0), V_{0n}^{sm_n^s}(T), U_{0j}^{Sp_{0j}}(0), U_{0j}^{Sp_{0j}}(T),$$

$$W_n^{sm_n^s}(0), W_n^{sm_n^s}(T), W_0^{sm_0^s}(0), W_0^{sm_0^s}(T).$$

Работа ТПУ

$\Omega(t_i^g)$ – число пассажиров, находящихся
 в ТПУ в момент t_i^g ; Ω_0 – число пассажиров,
 находящихся в ТПУ к моменту $t=0$; g – макси-
 мальное число пассажиров, которое может
 прибыть электропоездом; h^s – максимальное
 число пассажиров, которое может перевезти
 городской транспорт s ; Ω_{max} – максимальное
 число пассажиров, которое может одновременно
 находиться в ТПУ.

Должны быть выполнены соотношения:

$$\Omega(t_i^g) \leq \Omega_{max} \quad \forall t_i^g \in [0, T], \quad (25)$$

$$\Omega(t_i^g) \leq \Omega_{max} - g \quad \forall t_i^g \in [pt_1, pt_2, \dots, pt_{g-1}, pt_g], \quad (26)$$

$$\Omega(t_{i+1}^g) = \Omega(t_i^g) + \left(\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) * h^s \right) - \left(\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} \sum_{s=1}^S Z_0^{sm_n^s}(t_i^g) * \gamma^s h^s \right) + g \gamma^g t_i^g, \quad (27)$$





где γ^s – коэффициент заполнения городского транспортного средства, $\gamma^s \in [0;1]$;

$\gamma_{g,i}^s$ – коэффициент заполнения пригородного электропоезда, прибывающего или отправляющегося в момент времени t_i^s , $\gamma_{g,i}^s \in [-1;1]$, в случае если в момент времени t_i^s отправления электропоезда не происходит $\gamma_{g,i}^s = 0$.

Таким образом, рассмотренную задачу можно математически сформулировать как нахождение минимума $f = \sum_{i=0}^T \Omega(t_i^s) \quad f \rightarrow \min$ при соблюдении всех перечисленных ограничений.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Козлов П. А., Вакуленко С. П., Колокольников В. С. Проблема организации единой транспортной системы // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 3 (67). – С. 96–101. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30102272>. Доступ 15.11.2022.
2. Tuominen, A., Rehnun, A., Peltomaa, J., Mäkinen, K. Facilitating practices for sustainable car sharing policies – An integrated approach utilizing user data, urban form variables and mobility patterns. Transportation Research Interdisciplinary Perspectives, 2019, Vol. 2, art. no. 100055. DOI: 10.1016/j.trip.2019.100055.
3. Gonzalez-Urango, H., Pira, M.L., Inturri, G., Ignaccolo, M., García-Melón, M. Designing walkable streets in congested touristic cities: The case of Cartagena de Indias, Colombia. Transportation Research Procedia, 2020, Vol. 45, pp. 309–316. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.03.021.
4. Cramer, V., Torgersen, S., Kringlen, E. Quality of life in a city: The effect of population density. Social Indicators Research, 2004, Vol. 69 (1), pp. 103–116. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:SOCI.0000032663.59079.0b> [платный доступ для подписчиков].
5. Pacione, M. Urban environmental quality and human wellbeing – A social geographical perspective. 2003. Landscape and Urban Planning, 2003, Vol. 65 (1–2), pp. 19–30. DOI: 10.1016/S0169-2046(02)00234-7 [ограниченный доступ для подписчиков].
6. Liya Yao, Lishan Sun, Zhiyong Zhang, Shuwei Wang, Jian Rong. Research on the Behavior Characteristics of Pedestrian Crowd Weaving Flow in Transport Terminal. Mathematical Problems in Engineering, 2012, art. no. 264295. DOI: 10.1155/2012/264295.
7. Li, Shaowei, Chen, Yongsheng. Passenger Flow Forecast Algorithm for Urban Rail Transit. TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering, February 2014, Vol. 12, No. 2, pp. 1471–1479. DOI: <http://dx.doi.org/10.11591/telkomnika.v12i2.3810>.
8. Козлов П. А., Колокольников В. С., Копылова Е. В. Об имитационном моделировании и имитационных системах

// Транспорт Урала. – 2019. – № 1 (60). – С. 3–6. DOI: 10.20291/1815-9400-2019-1-3-6.

9. Евренова Н. Ю., Калинин К. А. Управление пассажиропотоком крупнейших ТПУ // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. – № 3 (83). – С. 105–113. DOI: 10.46973/0201-727X_2021_3_105.

10. Власов Д. Н. Интеграция железнодорожного транспорта в интермодальную транспортную систему города // Промышленное и гражданское строительство. – 2021. – № 9. – С. 31–38. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.09.31-38.

11. Резер С. М. Взаимодействие транспортных систем. – М.: Наука, 1985. – 248 с. [Электронный ресурс]: https://www.studmed.ru/rezer-s-m-vzaimodeystvie-transportnyh-sistem_6f97cd56303.html. Доступ 15.11.2022.

12. Лазарев А. А., Мусатова Е. Г., Гафаров Е. Р., Кварццелля А. Г. Теория расписаний. Задачи железнодорожного планирования: Монография. – М.: ИПУ РАН, 2012. – 92 с. ISBN: 978-5-91450-102-7.

13. Пазойский Ю. О., Шубко В. Г., Вакуленко С. П. Пассажирские перевозки на железнодорожном транспорте (примеры, задачи, модели, методы и решения). – М.: УМЦ ЖДТ, 2009. – 342 с. ISBN 978-5-89035-566-9.

14. Тимухина Е. Н., Кашеева Н. В., Окулов Н. Е., Лесных В. В. Проблематика функционирования транспортных узлов в России и за рубежом // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – № 3 (93). – С. 65–72. [Электронный ресурс]: <https://www.samgups.ru/upload/iblock/4bb/r9kdz1wdm83u5nrqdn0v2v2sftxd6bax.pdf>. Доступ 15.11.2022.

15. Рахмангулов А. Н., Мишуров П. Н., Александрин Д. В. Имитационные модели в цифровых двойниках железнодорожных станций // В сб.: Академик Владимир Николаевич Образцов – основоположник транспортной науки. Тр. международной научно-практ. конференции, посвящённой 125-летию университета. – М., 2021. – С. 574–582. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48361972>. Доступ 15.11.2022.

16. Баранов Л. А., Сидоренко В. Г., Сафронов А. И. Особенности автоматизированного планирования движения поездов в интеллектуальных системах управления внеуличного городского транспорта в условиях интенсивного движения // В сб.: Интеллектуальные транспортные системы. Материалы Международной научно-практ. конференции. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – С. 59–70. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48449551>. Доступ 15.11.2022.

17. Баранов Л. А., Сафронов А. И., Сидоренко В. Г. Планирование движения поездов в интеллектуальных транспортных системах // Надёжность. – 2022. – Т. 22. – № 3. – С. 35–43. DOI 10.21683/1729-2646-2022-22-3-35-43.

18. Vakulenko, S., Evrenova, N. Transport hubs as the basic of multimodal passenger transportation. Proceedings of 2019 12th International Conference «Management of Large-Scale System Development», MLSD 2019. 8910964. DOI: 10.1109/MLSD.2019.8910964.

19. Danilina, N., Vlasov, D., Teplova, I. Social-oriented approach to street public spaces design. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, Vol. 1030 (1), pp. 012059. DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/012059.

Информация об авторах:

Вакуленко Сергей Петрович – кандидат технических наук, профессор, директор Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта, Москва, Россия, vakulenkosp@mail.ru.

Евренова Надежда Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальными системами Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта, Москва, Россия, pevreenova@mail.ru.

Калинин Кирилл Антонович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальными системами Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта, Москва, Россия, kalinin.k.a@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 10.10.2022, одобрена после рецензирования 16.11.2022, принята к публикации 18.11.2022.



Проблемные вопросы легализации понятий, используемых в целях правового регулирования транспортных отношений с участием автомобилей с автоматизированной системой вождения



Александр Игоревич Землин

Российский университет транспорта, Москва, Россия.

✉ zemlin.aldr@yandex.ru

Александр ЗЕМЛИН

АННОТАЦИЯ

Потребности инновационного развития транспортного комплекса, являющегося не только важнейшим, но и непременным условием реализации Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года, детерминируют необходимость кардинального изменения принципиальных подходов к построению системы правового обеспечения организации дорожного движения, исторически основанной на постулате об обязанности водителя обеспечивать постоянный контроль за дорожной обстановкой в течение всего периода движения автомобиля. В этой ситуации проблема правового регулирования допуска к эксплуатации и последующего использования транспортных средств, оснащённых автоматизированной системой вождения и не предусматривающих участия водителя в динамическом управлении автомобилем, приобретает особое теоретическое и практическое значение.

Целью исследования, часть результатов которого представлена в данной статье, являлось критическое осмысление проблем правового обеспечения использования автомобилей с автоматизированной системой вождения,

наличие которых связано с неоднозначностями и пробелами законодательства в части закрепления используемых базовых терминов и определений.

С использованием инструментария формально-догматического анализа исследованы проблемные вопросы легализации понятия «автоматизированная система вождения», являющегося важнейшей, базовой категорией в системе правового регулирования исследуемых отношений.

На этой основе, посредством применения методов системно-правового анализа определены возможные варианты устранения выявленных пробелов и противоречий законодательства, сформулированы авторские определения и предложены направления построения упорядоченной системы правовых терминов, подлежащих закреплению в нормативных правовых актах, регламентирующих использование высокоавтоматизированных автомобилей.

Реализация сформулированных автором предложений может способствовать совершенствованию системы правового регулирования отношений, связанных с применением высокоавтоматизированных транспортных средств.

Ключевые слова: транспорт, правовое обеспечение, беспилотный автомобиль, высокоавтоматизированное транспортное средство, автоматизированная система вождения.

Финансовая поддержка: исследование выполнено при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках научного проекта № 22–28–20334 «Правовые средства обеспечения безопасности использования беспилотных автомобилей в мегаполисе», <https://rscf.ru/project/22–28–20334/>.

Для цитирования: 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. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-4>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Распространение высокоавтоматизированных транспортных средств, основанных на применении автоматизированной системы вождения, обеспечивающей минимизацию участия водителя в динамическом управлении транспортным средством, а применительно к беспилотным автомобилям – полное исключение водителя из этого процесса, подразумевающее изменение его правового статуса с категории «водитель» на «пассажир», предполагает необходимость изменения парадигмы правового обеспечения дорожного движения.

Если действующая система правового регулирования отношений, связанных с организацией и обеспечением безопасности дорожного движения, ориентирована на функционирование низкоавтоматизированных транспортных средств, предполагающих обязанность водителя обеспечивать контроль за дорожной обстановкой и управление автомобилем в течение всего периода движения транспортного средства, то применение высокоавтоматизированных транспортных средств требует не только кардинального изменения подходов к определению системы участников дорожного движения, уточнению их правового статуса, но и формирования нового категориального ряда понятий, используемых в целях правового регулирования транспортных отношений с участием автомобилей с автоматизированной системой вождения.

Отмечаемое по результатам исследования несоответствие требованиям формальной логики и юридической техники содержащихся в действующих правовых актах и законопроектах определений и понятий, используемых в целях правового регулирования транспортных отношений с участием автомобилей с автоматизированной системой вождения, не позволяет обеспечить решение задач эффективного правового сопровождения процессов внедрения инновационных технологий в транспортную систему России.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Роль правового обеспечения процессов внедрения новых технологий

для инновационного развития транспорта

Обоснованно отмечается, что революционные технологические изменения с неизбежностью требуют легитимизации за счёт при-

ведения правовых основ в соответствии с новыми реалиями социально-экономического развития. Как нигде, особо ярко эта зависимость отражается на транспорте [1, с. 45; 2].

Представителями научной школы «Транспортное право» по результатам историко-правового анализа отмечается явно выраженная зависимость между появлением новых видов транспорта (железнодорожного, автомобильного, авиационного и т.д.) и активизацией нормотворчества в целях правового урегулирования отношений, возникающих в связи с внедрением новых технологий [3, с. 405; 4, с. 263; 5, с. 67].

Помимо того, с необходимостью управления новыми технологическими процессами, регулируемые актуализированными либо специально разработанными правовыми нормами, возникает потребность в пересмотре и обновлении содержания правовых дисциплин, преподаваемых будущему специалисту на транспорте, изучение которых должно помочь сформировать его профессиональную правовую культуру, соответствующую новым требованиям [6, с. 249–250; 7, с. 4963; 8, с. 4075].

Зарубежные специалисты активно демонстрируют заинтересованность в научной разработке данных вопросов, осознание того, что недостаточность правового регулирования является значимым сдерживающим фактором для развития инновационного транспорта [9, с. 618]¹.

О динамике развития системы правового регулирования в области внедрения высокоавтоматизированных транспортных средств свидетельствуют результаты сравнительно-правового анализа, осуществлённого представителями научной школы «Транспортное право». Если буквально ещё два года назад законодательство КНР в принципе исключало какую-либо возможность испытаний автономных транспортных средств на скоростных автомагистралях, то уже к началу 2021 года для тестирования интеллектуальных подключённых транспортных средств было открыто 2 тыс. км дорог общего пользования, компаниям на проведение тестов беспилотного вождения выдано более 400 лицензий. При этом

¹ Siddiqui, F. Waymo to launch fully driverless service to the public – a first just in time for the pandemic. The Washington Post, 8 October 2020. [Электронный ресурс]: <https://www.washingtonpost.com/technology/2020/10/08/waymo-driverless-rides/>. Доступ 23.09.2022.

общий пробег в ходе дорожных испытаний превысил 2 млн км².

Отмечается, что импульс ускорению формирования системы правового регулирования в области использования высокоавтоматизированных транспортных средств был связан с распространением пандемии коронавирусной инфекции COVID-19, поскольку, как показал опыт КНР, применение беспилотных автомобилей позволяет обеспечивать доставку медикаментов и иных необходимых грузов в зоны с высоким риском заражения, минимизируя риски «перекрёстного заражения»³ [10, с. 18–19; 11].

В начале 2022 года тенденция ускорения правотворчества в целях скорейшего перехода от стадии экспериментального регулирования к принципиально новой стадии ограниченного введения всеобщего регулирования в области высокоавтоматизированных транспортных средств ещё более усилилась.

Так, 11 марта 2022 года Национальная администрация безопасности дорожного движения США устранила основное препятствие для внедрения полностью автономных автомобилей, внося изменения в Федеральные стандарты безопасности транспортных средств в части отмены требования об обязательном присутствии руля в конструкции автомобиля⁴.

С 6 июля 2022 года в ЕС введён в действие Регламент (ЕС) Европейского Парламента и Совета 2019/2144 о требованиях к безопасности транспортных средств⁵, устанавливающий базовые требования к безопасности высокоавтоматизированных и полностью автоматизированных автомобилей (ст. 11).

² China to let self-driving cars be tested on highways. [Электронный ресурс]: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/12/WS5ffdf3657a31024ad0baa209c.html>. Доступ 24.09.2022.

³ Землин А. И., Землина О. М., Клёнов М. В. [и др.]. Организационно-правовые основы функционирования транспортной системы в условиях сложной эпидемиологической обстановки: Учебник / Ответ. ред. А. И. Землин, И. В. Холиков. – М.: Русайнс, 2020. – 310 с. ISBN 978-5-4365-6523-1.

⁴ США наконец разрешат полностью автономные транспортные средства, не требующие управления человеком. [Электронный ресурс]: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/268434013>. Доступ 23.09.2022.

⁵ Regulation (EU) 2019/2144 of The European Parliament and of the Council of 27 November 2019 on type-approval requirements for motor vehicles and their trailers, and systems, components and separate technical units intended for such vehicles, as regards their general safety and the protection of vehicle occupants and vulnerable road users. [Электронный ресурс]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019R2144>. Доступ 24.09.2022.

С 1 августа 2022 года вступило в силу Положение об управлении интеллектуальными и подключёнными транспортными средствами в Шэньчжэньской особой экономической зоне (Китай), в соответствии с которым вводится постоянное регулирование для высокоавтоматизированных автомобилей с водителем за рулём, а также разрешается использование полностью автоматизированных автомобилей в специально отведённых зонах⁶.

Российская система правового регулирования отношений с участием высокоавтоматизированных транспортных средств на настоящее время всё ещё находится в экспериментальной стадии. Нормативным актом, регулирующим тестирование высокоавтоматизированных автомобилей, является постановление Правительства РФ от 09.03.2022 г. № 309 «Об установлении экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций и утверждении Программы экспериментального правового режима в сфере цифровых инноваций по эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств».

Риски отставания в этой области могут приобрести невосполнимый характер, что требует принятия скорейших мер для решения проблемы правового регулирования применения высокоавтоматизированных автомобилей.

Состояние и проблемы процесса легитимизации понятий, используемых в целях обеспечения эксплуатации высокоавтоматизированных транспортных средств

Положением о проведении эксперимента по опытной эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования высокоавтоматизированных транспортных средств (далее – Положение) определены территории и сроки проведения эксперимента⁷. В качестве существенного признака такого рода транспортного средства вполне логично выступает наличие «автоматизированной системы вожде-

⁶ Положения Шэньчжэньской особой экономической зоны об управлении умными и подключёнными транспортными средствами (2022 г.). [Электронный ресурс]: <https://www.globaltimes.cn/page/202207/1269924.shtml>. Доступ 23.09.2022.

⁷ Постановление Правительства РФ от 26 ноября 2018 г. № 1415 «О проведении эксперимента по опытной эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования высокоавтоматизированных транспортных средств» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201811270008>. Доступ 23.09.2022.



ния», которая, в свою очередь, определяется как «программно-аппаратные средства, осуществляющие управление транспортным средством без физического воздействия со стороны водителя». Определение программно-аппаратных средств в тексте Положения отсутствует.

В процессе законопроектной деятельности разработчиками также предпринимаются попытки определения высокоавтоматизированных транспортных средств.

Так, проект Федерального закона «О высокоавтоматизированных транспортных средствах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»⁸, разработанный во исполнение пункта 1 Комплекса мероприятий по тестированию и поэтапному вводу в эксплуатацию на дорогах общего пользования высокоавтоматизированных транспортных средств без присутствия инженера-испытателя в салоне транспортного средства, предусматривающих их опытную коммерческую эксплуатацию в отдельных субъектах Российской Федерации от 12 марта 2021 г. № 2189п-П50 и направленный на регулирование отношений, возникающих в связи с изготовлением и эксплуатацией высокоавтоматизированных транспортных средств⁹, предлагает следующее определение высокоавтоматизированного транспортного средства – это «транспортное средство, оснащённое автоматизированной системой вождения и допущенное к участию в дорожном движении на территории Российской Федерации».

С тем, что наличие автоматизированной системы вождения является сущностным и, по сути, единственным признаком высокоавтоматизированного транспортного

средства, позволяющим отграничить его от иных транспортных средств, в принципе и с некоторыми допущениями с данным определением можно согласиться.

Однако более чем сомнительным с точки зрения формальной логики видится предложенное в законопроекте определение автоматизированной системы вождения как технического средства, обеспечивающего динамическое управление транспортным средством.

Кроме того, изложенный вариант противоречит определениям, легализованным как в действовавших на момент разработки, так и актуальных на настоящий момент правовых документах.

Обоснуем этот тезис более подробно.

Следует исходить из того, что согласно определению, содержащемуся в ГОСТ 30372-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения»¹⁰, техническое средство – это «изделие, оборудование, аппаратура или их составные части, функционирование которых основано на законах электротехники, радиотехники и (или) электроники, содержащие электронные компоненты и (или) схемы, которые выполняют одну или несколько следующих функций: усиление, генерирование, преобразование, переключение и запоминание».

Далее, Межгосударственный стандарт ГОСТ 34.003-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения»¹¹ (далее – Межгосударственный стандарт), действовавший на момент подготовки и внесения на рассмотрение законопроекта, устанавливал, что под автоматизированной системой понимается система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения

⁸ Подготовлен Минтранс России 10.06.2021 года. ID проекта 02/04/06–21/00116763 (не внесён в ГД ФС РФ, текст по состоянию на 10.06.2021). [Электронный ресурс]: <https://www.doclist.ru/news/politics/2706967.html>. Доступ 23.09.2022.

⁹ На момент подготовки статьи законопроект проходил процедуру оценки регулирующего воздействия в соответствии с постановлением Правительства РФ от 17 декабря 2012 г. № 1318 «О порядке проведения федеральными органами исполнительной власти оценки регулирующего воздействия проектов нормативных правовых актов, проектов поправок к проектам федеральных законов и проектов решений Совета Евразийской экономической комиссии, а также о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации». [Электронный ресурс]: <https://base.garant.ru/70285758/>. Доступ 23.09.2022.

¹⁰ ГОСТ 30372-95 «Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения». [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200015869>. Доступ 24.09.2022.

¹¹ ГОСТ 34.003-90 «Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения». Утверждён и введён в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 27.12.1990 г. № 3399. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200006979>. Доступ 24.09.2022.

установленных функций. Также Межгосударственным стандартом установлено, что автоматизированную систему образуют следующие структурные элементы: пользователь автоматизированной системы; эксплуатационный персонал; организационное обеспечение автоматизированной системы; методическое обеспечение; техническое обеспечение; лингвистическое обеспечение; правовое обеспечение и др.

Там же установлено, что совокупность всех технических средств, используемых при функционировании автоматизированной системы, составляет техническое обеспечение.

Таким образом, техническое средство лишь один из элементов технического обеспечения, которое, в свою очередь, представляет собой всего лишь один из видов обеспечения автоматизированной системы.

Соответственно, содержание понятия «автоматизированная система» значительно шире и включает в свой состав в качестве одного из элементов технические средства.

В результате можно сделать вывод о том, что при определении автоматизированной системы вождения разработчиками законопроекта не были учтены и включены в определение такие важнейшие составляющие автоматизированной системы, как: программное обеспечение, определяемое как совокупность программ на носителях данных и программных документов, предназначенная для отладки, функционирования и проверки работоспособности системы; информационное обеспечение, определяемое в Межгосударственном стандарте как совокупность форм документов, классификаторов, нормативной базы и реализованных решений по объёмам, размещению и формам существования информации, применяемой в автоматизированной системе при её функционировании; организационное обеспечение системы как совокупность документов, устанавливающих организационную структуру, права и обязанности пользователей и эксплуатационного персонала АС в условиях функционирования, проверки и обеспечения работоспособности системы.

С 1 января 2022 года ГОСТ 34.003-90 «Термины и определения» заменён на Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 59853-2021 «Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения»¹² (далее – Национальный стандарт), который распространяется на автоматизированные системы, используемые в различных видах деятельности (исследования, проектирование, управление и т.п.), включая их сочетания.

Согласно Национальному стандарту, автоматизированная система – это система, состоящая из комплекса средств автоматизации, реализующего информационную технологию выполнения установленных функций, и персонала, обеспечивающего его функционирование. При этом в зависимости от вида деятельности наряду с другими выделены автоматизированные системы управления (АСУ). Национальный стандарт выделяет такие виды обеспечения автоматизированной системы, как лингвистическое, математическое, методическое, организационное, правовое, и выделяет другие элементы, образующие структуру автоматизированной системы.

Правовое обеспечение автоматизированной системы рассматривается согласно Национальному стандарту как «совокупность правовых норм, регламентирующих правовые отношения при функционировании автоматизированной системы и юридический статус результатов её функционирования».

Правовое обеспечение автоматизированной системы рассматривается согласно Национальному стандарту как «совокупность правовых норм, регламентирующих правовые отношения при функционировании автоматизированной системы и юридический статус результатов её функционирования».

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ

Основные результаты исследования, изложенные в данной работе, были представлены в докладе автора на пленарном заседании Международного научно-практического форума «Транспорт будущего: вызовы для права» (посвящённого 90-летию ВОИР), состоявшегося в Ульяновске 16 сентября 2022 года. В организации Форума приняли участие ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (УлГУ), ФГБУН Институт государства и права Российской академии наук (ИГП РАН), ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ПГНИУ), Издательская группа ЮРИСТ, Общественная организация «Всерос-

¹² ГОСТ Р 59853-2021 «Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения». Утверждён и введён в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 ноября 2021 г. № 1520-ст. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200181819>. Доступ 24.09.2022.



сийское общество изобретателей и рационализаторов», Ульяновское региональное отделение общероссийской общественной организации «Ассоциация юристов России» и другие образовательные, научные и общественные организации; модератором форума выступил доктор политических наук В. М. Кононов.

ВЫВОДЫ

Учёт подходов, реализованных в Национальном стандарте, в ходе дальнейшей работы над проектом Федерального закона «О высокоавтоматизированных транспортных средствах и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» может способствовать выработке единого, научно обоснованного подхода к определению высокоавтоматизированного транспортного средства, имеющего сущностный и содержательный характер.

Внесение изменений и дополнений в текст проекта данного Федерального закона должно основываться на результатах кропотливой научной проработки правовых проблем, возникающих в связи с внедрением высокоавтоматизированных транспортных средств, на достижениях транспортно-правовой науки.

Как и было заявлено во введении, в рамках статьи визуализированы и отчасти систематизированы некоторые проблемы правового регулирования использования автомобилей с автоматизированной системой вождения. Естественно, сделанные автором умозаключения, предлагаемые на суд заинтересованного читателя, нуждаются в дальнейшей верификации, не носят абсолютного, завершённого и, тем более, окончательного характера, однако они могут стать основой для научной дискуссии. Более детализированные, научно обоснованные и практически фундированные выводы, выражающие позицию автора по поднятой в данной статье проблеме, будут представлены в последующих публикациях, по итогам ведущихся в настоящее время исследований.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бажина М. А. Основные тенденции развития правового регулирования осуществления перевозок в условиях цифровизации // Юрист. – 2021. – № 11. – С. 44–50. [Доступ к электронной версии статьи платный]: <https://lawinfo.ru/journals/57/yurist>.
2. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I., Zemlina, O. Problems of Ensuring Security of Transport Infrastructure Facilities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 666, International science and technology conference «Earth science», 8–10 December 2020, Vladivostok, Russian Federation, 042002. DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042002.
3. Землин А. И., Холиков И. В. Аксиологические подходы к формированию правовой культуры специалиста-транспортника в современных условиях // Сб. научных трудов ИЗИСИП «Правовые ценности в свете новых парадигм развития современной цивилизации». – М.: Инфра-М, 2020. – С. 403–411.
4. Петров Ю. И., Землин А. И., Землина О. М. Зарождение системы управления путями сообщения и транспортного законодательства России в IX–XVIII веках // Мир транспорта. – 2019. – Т. 17. – № 3 (82). – С. 260–277. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-3-260-277.
5. Kharlamova, Y., Pishchelko, A., Zemlin, A. Problems of realisation of public oversight in the field of transport counterterrorism policy. Kutafin University Law Review, 2020, Vol. 7, Iss. 1, pp. 67–78. DOI: 10.17803/2313-5395.2020.1.13.067-078.
6. Землин А. И., Петров Ю. И. Опыт правового регулирования и организации обучения и преподавания в Императорском московском инженерном училище: 1896–1913 // Вестник архивиста. – 2021. – № 1. – С. 248–258. DOI: 10.28995/2073-0101-2021-1-248-258 [ограниченный доступ для подписчиков].
7. Bagreeva, E. G., Zemlin, A. I., Shamsunov, S. K. Does Environmental Safety Depend Upon the Legal Culture of Transport Specialists? Ekoloji, 2019, Vol. 28, No. 107, pp. 4961–4965.
8. Bagreeva, E. G., Shamsunov, S. K., Zemlin, A. I. Environmental Safety Conditions in the Transport Sector by Improving the Culture of Lawmaking Ekoloji, 2019, Vol. 28, No. 107, pp. 4071–4076.
9. Cabral, T. S. Liability and artificial intelligence in the EU: Assessing the adequacy of the current Product Liability Directive. Maastricht Journal of European and Comparative Law, 2020, Vol. 27 (5), pp. 615–635. DOI: 10.1177/1023263X20948689.
10. Землин А. И. Некоторые аспекты обеспечения безопасности на транспорте в условиях распространения инфекционных заболеваний (на примере пандемии коронавирусной инфекции COVID-19 // Военное право. – 2020. – № 6 (64). – С. 15–29. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44286698>. Доступ 23.09.2022.
11. Chernogor, N., Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Impact of the spread of epidemics, pandemics and mass diseases on economic security of transport. E3S Web of Conferences, 2020, Vol. 203 (107), pp. 05019. DOI: 10.1051/e3sconf/202020305019.

Информация об авторе:

Землин Александр Игоревич – доктор юридических наук, кандидат философских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой транспортного права Юридического института Российского университета транспорта; научный руководитель направления «Транспортная безопасность» Научно-экспертного совета Центра исследования проблем безопасности Российской академии наук, Москва, Россия, zemlin.aldr@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 23.09.2022, одобрена после рецензирования 12.10.2022, принята к публикации 21.10.2022.



Ценообразование в сфере автомобильных грузовых перевозок



Милош ПОЛЯК



Наталья ЛАХМЕТКИНА

Милош Поляк¹, Наталья Юрьевна Лахметкина²

¹ Жилинский университет, Жилина, Словакия.

² Российский университет транспорта, Москва, Россия.

✉ ² naturla@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

Формирование цен на автомобильные грузовые перевозки в Центральной Европе за последние 30 лет претерпело значительные изменения. В регулируемой экономике перевозчики применяли обязательные тарифы, вследствие чего после либерализации рынка они оказались не готовы к самостоятельному ценообразованию. Расчёты цен прошли несколько этапов развития. В настоящее время сложились системы расчёта затрат, основанные на разделении затрат на переменные и постоянные. После присоединения стран Центральной Европы к Европейскому союзу конкуренция в этом секторе значительно возросла. При расчёте цены на транспортировку перевозчики используют

коэффициент использования поездок (рейсов), который корректирует расходы, связанные с перевозкой, с учётом порожнего перемещения транспортного средства, которое должен осуществить перевозчик.

Цель данной статьи – доказать, что с точки зрения конкурентоспособности ценообразования применение коэффициента использования поездок в качестве постоянного коэффициента экономически необоснованно. В статье авторы доказывают, что значение коэффициента зависит не только от маршрута грузоперевозки, но и от времени, затрачиваемого на осуществление перевозки.

Ключевые слова: автомобильные грузовые перевозки, коэффициент, расчёт, затраты, конкурентоспособность.

Для цитирования: Поляк М., Лахметкина Н. Ю. Ценообразование в сфере автомобильных грузовых перевозок // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 35–45. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-5>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные перевозки в последнее время стали весьма актуальной темой общественного внимания, поскольку от перевозок зависят все группы населения, будь то физические или юридические лица. Особое влияние на развитие экономики оказывают автомобильные грузовые перевозки, чему специально посвящена работа [1].

Для эффективного осуществления автомобильных грузовых перевозок на общем рынке Европейского Союза, условия доступа к которому перевозчиков последовательно гармонизируются [2], должны быть так же созданы равные рыночные условия. Однако в настоящее время в сфере перевозок отмечается ряд проблем с функционированием перевозчиков на транспортном рынке Европейского Союза. Автор [3] рассмотрел проблему сокращения выполнения работ на условиях субподряда на общем рынке. Следует отметить, что ограничение рыночной конкуренции в сфере автомобильных грузовых перевозках также происходит в форме деятельности так называемых «компаний – почтовых ящиков»¹. На злоупотребление правилами оплаты труда, социальными и налоговыми правилами в разных странах ЕС обращают, в частности, внимание авторы [4]. Рыночные операции также зависят от конкретных условий ценообразования. На протяжении длительного времени стоимость автомобильных грузовых перевозок в Европейском Союзе растёт значительно медленнее, чем рост расходов. Из-за необходимости проведения технического обслуживания перевозчики работают на рынке даже без прибыли, соответственно ниже уровня понесённых в совокупности расходов. Такие перевозки в основном поддерживаются за счёт перевозок в обратном направлении, которые часто выполняются перевозчиками по цене ниже среднего уровня с целью избежать риска простоя транспортного средства. Нарушение рыночного равновесия и конкурентной среды также происходит из-за отсутствия, по мнению авторов, методологии применения факторов изменения спроса и предложения в отдельных регионах Европейского Союза к ценообразованию и, следовательно, к конкурентоспособности перевозчика.

¹ Mailbox, shell, or front companies – компании-«пустышки», номинальные компании.

Целью данной статьи является выявление факторов ценообразования в сфере автомобильных перевозок, влияющих на конкурентоспособность перевозчика, и предложение методологии включения выявленных факторов в формирование цены.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

При ведении бизнеса в сфере автомобильных перевозок на основе экономически правильных расчётов необходимо особым образом подходить к постоянным и переменным расходам [5]. Несмотря на необходимость такого подхода к ценообразованию, как заявляет об этом ряд авторов, например, [6–8], этот подход не очень широко применяется при ценообразовании в сфере автомобильных грузовых перевозок в Центральной Европе [9]. Это связано с тем, что после либерализации цен в начале 1990-х гг., позволившей свободно устанавливать цены на автомобильные грузовые перевозки, перевозчики не были готовы к расчёту расходов и продолжали использовать прежние, установленные до либерализации цен тарифы [10]. Рост входных затрат (например, цен на дизельное топливо) привёл к тому, что тарифы перестали покрывать расходы [11]. Кроме того, на формирование цены оказывало влияние корпоративное налогообложение, что подробно рассмотрено в [4; 12; 13]. При правильном подходе перевозчика к формированию цены необходимо, чтобы он контролировал свои собственные эксплуатационные расходы и, следовательно, мог на основе этих расходов правильно рассчитать цену. Автор [14] определяет собственные расходы перевозчика «как потребление овеществлённого труда, труда человека и финансовых ресурсов для оказания транспортных и иных услуг за определённый период времени при типичных условиях процесса воспроизводства в отдельных отраслях транспорта, соответственно, транспортных компаниях». Авторы работы [15] подчёркивают, что собственные расходы целенаправленно привязаны к конкретным производственным показателям, деятельности или подразделению компании.

Существует ряд общих методов и приёмов формирования цены, но не все они подходят для расчёта собственных расходов при автомобильных перевозках. Определением подходящих расчётов на автомобильном транспорте занимались авторы работ [16], а также

1. Топливо.
2. Основные исходные материалы.
2.1. Шины.
2.2. Прочие производственные материалы.
3. Прямая заработная плата.
4. Амортизация транспортных средств.
5. Ремонт и техническое обслуживание транспортных средств.
6. Прочие прямые расходы.
6.1. Командировочные расходы.
6.2. Взносы на социальное и медицинское страхование.
6.3. Другие прямые расходы.
Сумма пунктов 1–6.3 представляет собой «Прямые расходы».
7. Операционные накладные расходы.
8. Административные накладные расходы.
Сумма пунктов 7 и 8 представляет собой «Косвенные расходы».
9. Прибыль.
Сумма пунктов 1 и 9 представляет собой «Цену».

Рис. 1. Структура расчётов с разделением расходов на прямые и косвенные [выполнено авторами].

[17]. Согласно авторам исследований [16] и [18], в 1990-е годы для ценообразования на автомобильном транспорте в основном использовались методы, основанные на прямых и косвенных расходах.

На рис. 1 показана методика, широко применявшаяся в 1990-х годах для расчёта стоимости автомобильных перевозок.

Однако методы с разделением расходов на прямые и косвенные использовались в основном крупными компаниями. Транспортные компании, созданные в рамках приватизации государственных предприятий и эксплуатировавшие менее пяти автомобилей, не рассчитывали цену, а использовали цену, отвечающую условиям конкуренции [16]. В некоторых компаниях, особенно небольших, при расчёте стоимости перевозки этот метод используется и сегодня.

После 2000 года некоторые авторы предпочли проводить расчёты для сферы транспортных услуг на основе разделения расходов на переменные и постоянные. В этих расчётах учитывается произведённый результат [16]. Существует несколько процедур расчёта цены на перевозку с использованием постоянных и переменных расходов, которые рассматривались, например, в [19–21]. Принцип расчёта заключается в том, что переменные расходы зависят от выполненной работы (чаще всего – от расстояния, на которое осуществлялась перевозка), а постоянные расходы зависят от продолжительности перевозки (чаще всего – от количества дней, которое занимает перевозка). Специфика перевозоч-

ного процесса в том, что в нем также присутствует производственная деятельность, которая напрямую не учитывается в цене. Проблема в том, что транспортное средство выполняет не только работу с грузом, но и осуществляет перемещение от места выгрузки одной партии груза до места загрузки другой партии груза для следующей перевозки. Такое перемещение влечёт за собой расходы для перевозчика, но оно напрямую не оплачивается заказчиком. Для того, чтобы перевозка была экономически эффективной для перевозчика, эти расходы также необходимо включить в цену осуществлённой перевозки грузов для клиента. По методикам расчёта, описанным в [20; 21] переменные расходы на конкретную перевозку корректируются константой следующим образом:

$$VN_p = \frac{f(nv_p; d_p)}{K},$$

где VN_p – переменные расходы, связанные с перевозкой, которые являются функцией удельных переменных расходов на пройденный километр (nv_p) и расстояния, пройденного во время перевозки (d_p), и скорректированные с помощью коэффициента использования маршрутов поездок (K), который выражает, какую часть пути будет использовать перевозчик непосредственно для перевозки. Авторы [16; 18] утверждают, что значение коэффициента находится в диапазоне от 0,8 до 0,9 в зависимости от условий деятельности перевозчика. Они рекомендуют использовать постоянное значение коэффициента при расчёте. Более подробно зависимости коэф-



фициента использования поездок мы рассмотрим в следующей части статьи. Коэффициент не корректирует постоянные транспортные расходы (NF_p), которые зависят от соотношения:

$$FN_p = f(nf_D; d),$$

где (nf_D) – постоянные расходы на эксплуатацию транспортного средства в день и (d) – количество дней продолжительности поставки груза. Поскольку транспортное средство не эксплуатируется каждый день в течение всего года, можно утверждать, что постоянные расходы в пересчёте на один день эксплуатации (nf_D) являются функцией постоянных годовых затрат на транспортное средство (NF_y) и количества дней эксплуатации в году (P_y). Это означает, что постоянные расходы на перевозку зависят от используемых сегодня методов расчёта следующим образом:

$$FN_p = f(NF_y; P_y; d).$$

Автор работы [22] отмечает, что большинство транспортных компаний учитывают только свои внутренние расходы, понесённые при ведении бизнеса, но не принимают во внимание внешние расходы, которые они не могут количественно выделить из данных бухгалтерского учёта. Эти расходы возникают из-за эксплуатации транспорта, например, это расходы на инфраструктуру, охрану окружающей среды и т.д., и в большинстве случаев такие расходы покрываются государством [23]. Однако далее в этой статье мы не будем касаться этих расходов, потому что без интернализации они не влияют на расходы перевозчика в ходе отдельной взятой перевозки груза.

Согласно авторам [24], на цену влияют, с одной стороны, расходы, понесённые перевозчиком в процессе перевозки груза, а с другой стороны, стоимость, возникающая на стороне перевозчика при перевозке груза. При ценообразовании используются два основных принципа, а именно полезность и расходы. Принцип расходов основан на покрытии ценой перевозки понесённых перевозчиком расходов и разумной прибыли. Следовательно, если перевозчик не осуществляет никаких перевозочных операций, то он несёт постоянные расходы, и, таким образом, необходимо знать сумму его постоянных и переменных расходов, которые можно определить с помощью подходящего способа расчёта расходов. Принцип расходов также определён в [16].

Авторы данного исследования дополнительно отмечают, что перевозчику необходимо осознавать, что важную роль играет бизнес-результат за определённый период, а не только вопрос рентабельности каждой выполненной перевозки. Принцип полезности, который также называют принципом стоимости, выражает влияние спроса на цену. Это стоимость, которая возникает для перевозчика в результате осуществления или неосуществления рассматриваемой перевозки. Однако указанная стоимость не является однозначно определённой количественной величиной, а часто является следствием обратного эффекта различных воздействий. Его результат может определяться разницей между ценой материального продукта в месте производства и в месте потребления, когда эта разница определяет предельные цены на перевозку, а также ценой перевозимых товаров. Другим фактором, влияющим на стоимость, является конкуренция, и, таким образом, чем сильнее конкуренция, тем ниже стоимость транспортных услуг и цена на перевозку [25]. Работа [16] также определяет принцип полезности, отмечая, что качественному продукту нужна и качественная перевозка, и что эти требования к качеству, предъявляемые к перевозчикам, будут продолжать расти, а перевозчики должны гибко реагировать на них, чтобы быть в состоянии найти работу в будущем в условиях постоянно растущей и многоуровневой конкуренции. Из приведённых выше принципов мы также можем определить пределы цены, а именно минимум и максимум. Минимальная цена определяется границей соответственно предельных издержек перевозчика, связанных с осуществлением перевозки. Максимальная цена определяется разницей между ценой материального продукта в месте производства и в месте потребления или, соответственно, продажи. Если бы цена на перевозку была выше этой разницы, товарная ликвидность продукта снизилась [26].

Транспортная компания должна отслеживать и управлять своими расходами и сравнивать их с конкурентами. В Западной Европе для этой цели используются справочные тарифы или индексы затрат.

Следует отметить, что спрос на перевозку можно определить как вторичный, так как он возникает из потребительского спроса на товары и услуги [26]. На спрос на перевозку влияют факторы, влияющие на спрос на то-

вары и услуги и изменение предпочтений потребителей. Важнейшие факторы – цена на перевозку, конкурентная цена, которые подробнее рассматриваются в [27], ценность товаров, физические характеристики товаров, доходы населения, сезонность, и особенно качество транспортных услуг. Качество транспортных услуг подробно рассматривается, в том числе в [28; 29]. Фактор качества складывается из совокупности признаков качества, которыми являются скорость перевозки, надёжность, техническое и технологическое оснащение, укомплектованность персоналом, безопасность и сохранность груза [29].

Из выводов [27] следует, что в Европейском союзе есть маршруты с более высоким транспортным спросом и маршруты с более низким транспортным спросом. При меньшем спросе на перевозки по данному маршруту выше риск отсутствия перевозки в обратном направлении или выше риск перемещения транспортного средства без груза. То есть перевозчик должен учитывать в цене, сформированной при помощи вышеприведённых расчётов, также влияние направления маршрута перевозки. Это влияние создаёт риск невозможности перевозки в обратном направлении, что приводит к расходам, которые эффективный перевозчик включает в цену перевозки [30]. Этот вопрос применительно к условиям Центральной Европы рассматривался в работе [31], в которой утверждается, что использование единой цены перевозки единицы товара для всех перевозок, выполняемых отдельно взятым перевозчиком, экономически некорректно. Ни один из доступных методов расчёта расходов не принимает во внимание уровень спроса на перевозку в обратном направлении в месте разгрузки товаров после начальной перевозки. По этой причине в данной работе мы занимаемся выявлением фактора влияния места разгрузки на стоимость перевозки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТРАНСПОРТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Авторы [16; 18] рекомендуют использовать коэффициент транспортного использования в расчётах расходов на автомобильные перевозки как постоянную величину, которая определяется как отношение расстояния, пройденного за год транспортным средством с грузом, к общему расстоянию, пройденному за год. В случае его использования к годовому

периоду это математически верный подход, при условии, что для каждого направления маршрутов перевозок существует одинаковая вероятность получения заявки на перевозку в обратном направлении. По результатам исследований [32; 33] выявлено, что транспортные потоки в направлении восток–запад в Европе значительно сильнее, чем в направлении север–юг. Это означает, что если поставка, осуществляемая из Центральной Европы, завершается в Южной Европе (например, в Сербии), у перевозчика будет меньше шансов осуществить перевозку с грузом в обратном направлении по сравнению с поставкой товаров в Западную Европу (например, в Германию). Из данного допущения можно предположить, что коэффициент использования маршрутов поездок в расчётах должен быть представлен не постоянной, а переменной величиной, зависящей от места окончания перевозки. В следующей части статьи ставится цель доказать, что коэффициент использования маршрутов меняется в зависимости от направления перевозки.

Учитывая, что спрос на перевозки является вторичным спросом, который является производной от первичного спроса на товары и услуги, можно констатировать, что спрос на перевозки также характеризуется периодами максимального и минимального спроса во времени. В случае изменения спроса на перевозки коэффициент использования маршрутов поездок, влияющий на цену перевозки, в расчётах должен реагировать на этот факт. Целью следующей части статьи также является выявление того, как коэффициент использования маршрутов поездок изменяется во времени (в течение года или более короткого периода).

Если нам удастся выявить зависимость коэффициента использования маршрутов поездок от направления перевозки или от времени, то в экономически правильном расчёте константу (К) следует заменить переменным показателем при определении общих транспортных расходов и, следовательно, при определении цены.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для того чтобы иметь возможность определить изменение спроса по всей Европе и избежать, насколько это возможно, специфического влияния факторов, характерных для тех или иных перевозчиков, мы не исполь-



Таблица 1

Доля поездок в обратном направлении, предлагаемых отдельными странами
в Словакию, в % [составлено авторами]

Страна	Зима	Весна	Лето	Осень	Весь год
Бельгия	9,45	12,00	9,33	16,20	11,75
Болгария	11,80	7,80	8,20	14,30	10,53
Чехия	72,41	78,70	71,71	72,54	73,84
Франция	8,87	11,00	6,40	9,70	8,99
Нидерланды	12,89	21,00	14,17	15,30	15,84
Люксембург	4,68	8,80	6,57	5,83	6,47
Венгрия	25,49	26,30	34,00	37,70	30,87
Германия	17,51	19,30	11,50	21,11	17,36
Польша	51,28	50,30	70,20	64,20	59,00
Австрия	26,70	45,00	28,00	35,75	33,86
Румыния	8,92	4,80	7,60	9,45	7,69
Словения	33,78	49,00	41,00	40,56	41,09
Сербия	11,10	2,30	17,80	11,00	10,55
Испания	14,10	9,00	4,17	11,45	9,68
Швейцария	2,17	3,00	4,20	4,89	3,57
Италия	18,78	37,30	21,20	23,47	25,19
Турция	12,33	6,70	25,83	40,60	21,37
Великобритания	16,30	17,00	7,83	18,42	14,89

зовали метод анкетирования для выявления изменения спроса. В связи с тем, что перевозчики в большинстве случаев используют транспортные базы данных для поиска заявок на перевозку в обратном направлении, мы использовали для исследования данные, опубликованные такими данными. Транспортная база данных – это площадка, где встречаются спрос и предложение на перевозки автомобильным транспортом, то есть это база данных спроса на перевозку ещё не отгруженной партии груза и предложения свободных транспортных средств, которые ещё не получили заказ на перевозку. Для исследования мы использовали транспортную базу данных, в которой зарегистрировано 43 000 компаний из Европы и которая обрабатывает в среднем 750 000 отправок в день по Европе. Каждый день с 1 сентября 2018 г. по 31 августа 2019 г. мы определяли долю заявок на перевозку и долю предлагаемых для перевозки транспортных средств с акцентом на 19 стран, в числе которых были Бельгия, Болгария, Чехия, Франция, Нидерланды, Люксембург, Венгрия, Германия, Польша, Австрия, Румыния, Словакия, Словения, Сербия, Испания, Швейцария, Италия, Турция, Великобритания. Для проверки на-

шего предположения мы выбрали перевозки в обратном направлении только на территорию Словакии. Ежедневно для каждой страны мы определяли долю предложений на такую перевозку от общего количества записей в транспортной базе данных, эти доли приведены в табл. 1. Мы разделили наблюдаемый период на четыре временных отрезка, обозначенных как зимний (декабрь, январь, февраль), весенний (март, апрель, май), летний (июнь, июль, август) и осенний (сентябрь, октябрь, ноябрь). Значение 11,75 % в первой строке означает, что в транспортной базе данных 11,75 % от общего числа записей по направлению из Бельгии в Словакию касались предложения груза для перевозки, а около 88,25 % заявок в один из дней наблюдаемого периода касались предложения транспортного средства для перевозок. Это означает, что только часть транспортных средств имела груз на обратном пути в Словакию. Другие транспортные средства должны были осуществить перевозку груза в другую страну или, соответственно, осуществить переезд без груза в ту страну, где заявок на перевозку грузов больше, чем доступных для этого транспортных средств. Например, в транспортных базах данных было 59 % заявок на

Таблица 2

Распределение стран по периоду наибольшей доли заявок на перевозку [составлено авторами]

Зима	Весна	Лето	Осень
Испания	Чехия Франция Нидерланды Люксембург Австрия Словения Италия	Польша Сербия	Бельгия Болгария Венгрия Германия Румыния Швейцария Турция Великобритания

перевозку груза в Словакию, и соответственно 41 % предложений доступных транспортных средств. Некоторым партиям грузов приходится дольше ожидать перевозки по этому транспортному маршруту или же перевозка осуществляется транспортными средствами, которые прибывают порожними из страны, в которой нет достаточного предложения грузов для перевозки.

При анализе результатов за год можно констатировать наличие существенных различий между странами. Самая высокая соотношение доли предлагаемых к перевозке грузов к предложению свободных транспортных средств наблюдается между Чехией и Словакией. 73,84 % записей были связаны с заявками на перевозку и только 26,16 % – с предложением перевозочных мощностей, то есть свободных транспортных средств. Перевозчику значительно сложнее получить заявку на перевозку в Словакию из Швейцарии (3,57 %), Люксембурга (6,47 %) или Румынии (7,69 %). На основании вышеприведённого анализа можно констатировать, что перевозчик неправильно действует при расчёте цены за перевозку, если использует один и тот же постоянный коэффициент использования маршрутов поездок для всех своих перевозок. На основании расчёта, опубликованного в [5] и с учётом переменных затрат в размере 0,7 евро за километр пути, скорректированных на постоянный коэффициент использования маршрутов 0,85, скорректированные переменные расходы составят 0,824 евро за километр. Если принять ежедневные постоянные расходы в размере 160 евро [5], то общая стоимость перевозки на расстояние 1000 км, которая будет длиться два дня, составит 1144 евро за перевозку. Согласно первоначальным методикам расчёта, расходы будут зависеть только от расходов на отдельных маршрутах (будут, например, различаться расходы на проезд по платным дорогам).

Если исходить из упрощения, что уровень расходов одинаков для всех маршрутов перевозок, то значение общих расходов для каждой страны с расстоянием перевозки 1000 км составит 1144 евро. Такой процесс расчётов не является правильным. Например, при перевозке в Чехию перевозчик, скорее всего, сможет найти заявку на перевозку в обратном направлении в Словакию, поэтому коэффициент использования будет учитывать только перемещение транспортного средства с места разгрузки на место погрузки. Это означает, что коэффициент использования будет близок к 1. Если перевозка осуществляется в Швейцарию, перевозчик, скорее всего, не сможет получить заявку на перевозку в обратном направлении в Словакию, ему придётся совершить большой порожний пробег. Можно предположить, что перевозчик будет вынужден покинуть Швейцарию на порожнем транспортном средстве. Таким образом, данную ситуацию необходимо учитывать при расчёте стоимости перевозки из Словакии в Швейцарию в виде корректировки коэффициента использования маршрута поездки. В этом случае значение коэффициента может быть близко к 0,5, так как значение 0,5 означает, что транспортное средство вернётся без груза.

Используемые методы расчёта основаны на постоянном значении коэффициента использования маршрутов поездок, который основан на круглогодичной работе перевозчика, то есть не меняется в течение года. Однако в исследовании мы сосредоточились на изменении соотношения долей спроса и предложения в отдельные периоды года (табл. 1).

На основании исследования можно констатировать, что доли количества регистраций заявок на перевозку груза в течение года не являются постоянными ни в одной из анализируемых стран. В этом случае, однако, не-



Таблица 3

Доля маршрутов в обратном направлении, предлагаемых из отдельных стран в Словакию в течение недели, в % [составлено авторами]

Страна	Понедельник	Вторник	Среда	Четверг	Пятница	Суббота	Воскресенье
Бельгия	11,18	11,04	11,36	12,89	14,59	9,19	8,70
Болгария	9,37	10,78	12,05	11,64	11,40	9,81	8,24
Чехия	73,91	73,84	76,11	75,74	75,51	69,78	69,10
Франция	8,49	8,25	8,88	10,62	11,93	8,91	8,11
Нидерланды	15,68	15,26	15,64	17,63	19,61	15,50	14,41
Люксембург	6,91	6,71	8,18	7,02	7,53	5,03	5,01
Венгрия	30,36	30,35	31,98	34,44	32,72	30,28	29,05
Германия	17,13	16,55	15,56	16,99	18,56	16,15	15,38
Польша	57,94	57,93	59,87	60,65	60,49	57,03	55,68
Австрия	32,91	35,77	33,06	33,38	35,15	30,07	30,81
Румыния	7,35	6,89	9,24	9,90	10,08	7,50	7,12
Словения	39,35	39,22	42,55	43,36	44,36	39,84	38,60
Сербия	10,51	13,29	12,39	9,89	10,00	10,48	10,89
Испания	8,89	9,06	10,43	10,59	11,90	9,38	8,51
Швейцария	2,88	3,45	4,06	3,93	5,15	3,80	3,21
Италия	24,01	23,27	24,28	26,29	28,66	24,29	24,11
Турция	20,48	21,89	23,07	23,82	21,08	16,53	18,27
Великобритания	13,72	14,44	14,74	15,62	17,15	13,69	12,65

возможно определить, что наибольшая доля заявок на перевозку является самой высокой для всех стран в данный период. В табл. 2 страны разделены в соответствии с периодом, когда перевозчику легче всего получить заявку на перевозку груза из соответствующей страны. Можно заметить, что больше всего грузов перевозится весной из стран Западной Европы и Чехии. Исключением из стран Евросоюза являются Бельгия и Германия, где наибольшее значение приходится на осень. Однако следует отметить, что товары, перевозимые из Азии, транспортируются в Словакию в основном через порты Бельгии и Германии [34], что может оказывать влияние на поставки грузов из этих стран. В направлении север–юг самый высокий уровень запросов на перевозки возникает у этой группы стран. Нас также интересовало, меняется ли доля заявок на перевозку в транспортных базах на протяжении более коротких промежутков времени. Поэтому мы следили за динамикой записей в течение одной недели. В табл. 3 содержится анализ динамики количества заявок на перевозку из конкретной страны в Словакию за неделю.

Во всех случаях уровень доли грузов, предлагаемых к перевозке, в течение недели меняется. Доля увеличивается во второй половине рабочей недели с последующим снижением в субботу и воскресенье. Средняя динамика для совокупности наблюдаемых

стран показана на рис. 2. В среднем, исходя из мониторинга динамики, наибольшая число заявок на перевозку приходится на пятницу с последующим снижением в субботу и воскресенье. Снижение в выходные дни является ожидаемым, так как не все грузоотправители работают в выходные дни.

На основании этого исследования можно констатировать, что коэффициент использования маршрутов поездок не является постоянным ни по направлению перевозки, ни по времени перевозки. Уровень коэффициента использования маршрутов поездок меняется как в течение года, так и в течение конкретной недели. Можно вывести следующую зависимость коэффициента использования маршрутов:

$$K = f(S_p; T_p),$$

где S_p – направление перевозки, T_p – время начала перевозки.

Этому развитию соответствуют и общие расходы перевозчика на осуществлённую перевозку. Если перевозчику необходимо переместить на большое расстояние транспортное средство без груза, он должен учитывать более высокие расходы во время перевозки. Для корректировки расходов, связанных с перевозкой, используется коэффициент использования маршрутов поездок, который не является постоянным, а зависит от приведённого выше соотношения. Соотношение между общими транспортными расходами

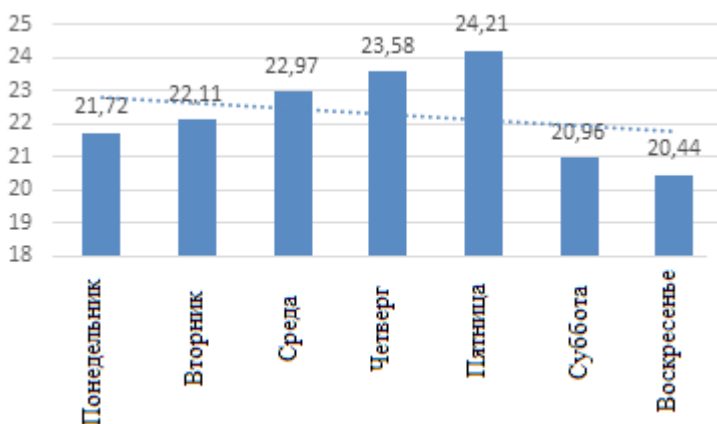


Рис. 2. Динамика записей о предложении отправок грузов в течение недели в анализируемых странах в процентах от общего числа записей [выполнено авторами].

можно исходя из этого скорректировать следующим образом:

$$CN_p = VN_p + FN_p = \frac{f(nv_p; d_p)}{K} + f(nf_d; d);$$

$$CN_p = \frac{f(nv_p; d_p)}{f(S_p; T_p)} + f(nf_d; d).$$

На основе исследования удалось выявить долю заявок на перевозку грузов и долю доступных для этого транспортных средств, которая, однако, не представляет собой коэффициент использования маршрутов поездок. По данным, имеющимся в транспортных базах данных, можно определить долю от общего количества записей тех заявок на перевозку грузов, которые касаются перевозки грузов и предложения доступных транспортных средств на конкретный день и из отдельно взятой страны в другую отдельно взятую страну. Записи могут быть преобразованы в коэффициент использования маршрутов поездок в соответствии со следующей предлагаемой методологией:

- Перевозка от места загрузки первой партии груза до места её выгрузки всегда обеспечена, так как осуществляется на основании заказа клиента. Перевозчик подвергается риску только в отношении перевозки в обратном направлении. Это означает, что во время первой перевозки перевозчик может полностью использовать маршрут поездки. Если выразить значение коэффициента использования маршрута поездки кумулятивно для всей перевозки туда и обратно, то коэффициент достигает значения 0,5, к которому добавляется значение, относящееся к обратному пути транспортно-

го средства. Если транспортное средство возвращается пустым, значение коэффициента не прирастает и уровень коэффициента остаётся равным 0,5.

- Если транспортное средство также будет осуществлять перевозку в обратном направлении, необходимо рассмотреть вопрос о перемещении транспортного средства. Перемещение транспортного средства составляет примерно 5 % длины маршрута, даже если предлагается достаточное количество заявок на перевозку груза.

- Если доля запрашиваемых услуг в стране выгрузки первой партии груза составляет более 50 %, а это означает, что заявок на перевозку грузов в обратном направлении больше, чем транспортных средств, предложенных для перевозки, то перевозчик, скорее всего, найдёт подходящую заявку на перевозку. Также необходимо учитывать перемещение транспортного средства, которая составляет примерно 5 %, то есть значение коэффициента использования маршрутов поездок суммарно увеличится на 45 %. Полученное значение коэффициента использования маршрутов поездок составляет 0,95 %.

- Если доля заявок на перевозку в стране выгрузки первой партии груза составляет менее 50 %, а это означает, что на обратном пути заявок на перевозку меньше, чем предлагаемых транспортных средств, перевозчику придётся дольше перемещаться на транспортном средстве для получения подходящей заявки на перевозку. Если идентифицированная доля заявок на перевозку груза из государства «i» и в государство «j» для перевозки «P»





также обозначена как dP_{ij} , то значение коэффициента можно определить как:

$$K = 50 + (d_{pj} - 5) (\%).$$

Перевозчику необходимо знать, будет ли выполняемая им перевозка прибыльной или убыточной. Эта методология создаёт инструмент для перевозчика, который может получить конкурентное преимущество за счёт более точного определения расходов, связанных с перевозкой в отдельные страны и в отдельные периоды года, а также дни недели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Перевозчики, занятые международными автомобильными грузовыми перевозками, в настоящее время работают на общем рынке Европейского Союза, располагают возможностями деятельности на одинаковых условиях. С одной стороны, весь рынок ЕС был открыт для перевозчиков из Центральной Европы, но при этом и конкуренция также значительно возросла. Более высокая конкуренция требует более точного расчёта расходов. Так как часть работы перевозчики выполняют без груза, в основном при перемещении транспортного средства с места разгрузки на место следующей погрузки, они пересчитывают расходы на коэффициент использования маршрутов поездок. В обычной практике используется коэффициент, основанный на годовой производительности транспортных средств, который в дальнейшем используется как постоянная величина при пересчёте расходов. На основании проведённых исследований нами выявлено, что величина коэффициента использования маршрутов поездок не является постоянной, а носит переменный характер в зависимости от направления перевозки. Есть страны, из которых перевозчик может без проблем обеспечить перевозку груза в обратном направлении, а есть страны, где использование транспортного средства в обратном направлении проблематично. Выявлена зависимость значения коэффициента от времени погрузки партии груза для перевозки. Коэффициент меняется не только в течение времени года, но и в течение одной недели. В работе авторами предложена методика, с помощью которой можно заменить постоянное значение коэффициента использования маршрутов на переменное значение в зависимости от направления перевозки и от времени перевозки.

Авторы отмечают, что существуют определённые виды перевозок, для которых при-

менение коэффициента использования маршрутов поездок проблематично, так как на соответствующих транспортных средствах невозможно осуществить перевозку в обратном направлении. Это, в частности, автоцистерны, предназначенные для перевозки опасных грузов или пищевых продуктов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Avetisyan, M., Heatwole, N., Rose, A., Roberts, B. Competitiveness and macroeconomic impacts of reduced wait times at U.S. land freight border crossings. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, 2015, Vol. 78 (C), pp. 84–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.027>.
2. Castillo-Manzano, J., Castro-Nuño, M. Driving licenses based on points systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transport Policy*, 2012, Vol. 21, pp. 191–201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.02.003> [ограниченный доступ для подписчиков].
3. Rotondo, E. The legal effect of EU Regulations. *Computer Law & Security Review*, 2013, Vol. 29, No. 4, pp. 437–445. DOI: 10.1016/j.clsr.2013.05.003.
4. Osterloh S., Heinemann, F. The Political Economy of Corporate Tax Harmonization – Why do European Politicians (dis)like Minimum Tax Rates? *European Journal of Political Economy*, 2013, Vol. 29 (C), pp. 18–37. [Электронный ресурс]: <https://www.econstor.eu/handle/10419/27591>. Доступ 30.09.2022.
5. Jourquin, B., Beuthe, M. Cost, transit time and speed elasticity calculations for the European continental freight transport. *Transport Policy*, 2019, Vol. 83, pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.08.009>.
6. McLennan, A. Price dispersion and incomplete learning in the long run. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1984, Vol. 7, Iss. 3, pp. 331–347. DOI: 10.1016/0165-1889(84)90023-X [ограниченный доступ для подписчиков].
7. Forootani, A., Tipaldi, M., Zarch, M. G., Liuzza, D., Glielmo, L. Modelling and solving resource allocation problems via a dynamic programming approach. *International Journal of Control*, 2019. DOI: 10.1080/00207179.2019.161521 [ограниченный доступ для подписчиков].
8. Vaishya, S. R., Sarkar, V. Accurate loss modelling in the DCOPF calculation for power markets via static piecewise linear loss approximation based upon line loading classification. *Electric Power Systems Research*, 2019, Vol. 170, pp. 150–157. DOI: 10.1016/j.epsr.2019.01.015 [ограниченный доступ для подписчиков].
9. Gnap, J., Konečný, V., Varjan, P. Research on Relationship between Freight Transport Performance and GDP in Slovakia and EU Countries. *Nase More*, 2018, Vol. 65, Iss. 1, pp. 32–39. DOI: 10.17818/NM/2018/1.5.
10. Garaj, V. Competition and product quality. *Ekonomický časopis*, 1993, Vol. 41, Iss. 2, pp. 99–113.
11. Bujnova, D., Dubcová, G. Possibilities of applying costing in management decision-making. *Ekonomický časopis*, 1995, Vol. 43, Iss. 6, pp. 497–515.
12. Konečný, V., Semanova, S., Gnap, J., Stopka, O. Taxes and Charges in Road Freight Transport – a Comparative Study of the Level of Taxes and Charges in the Slovak Republic and the Selected EU Countries. *Nase More*, 2018, Vol. 65, Iss. 4, pp. 208–212. DOI: 10.17818/NM/2018/4SL.8.
13. Osterloh, S., Debus, M. Partisan politics in corporate taxation. *European Journal of Political Economy*, 2012, Vol. 28, Iss. 2, pp. 192–207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2011.11.002>.

14. Valaskova, K., Klietlik, T., Kovacova, M. Management of financial risks in Slovak enterprises using regression analysis. *Oeconomia Copernicana*, 2018, Vol. 9 (1), pp. 105–121. DOI: <https://doi.org/10.24136/oc.2018.006>.
15. Klietlik, T., Misankova, M., Valaskova, K. [et al]. Bankruptcy Prevention: New Effort to Reflect on Legal and Social Changes. *Science and Engineering Ethics*, 2018, Vol. 24, pp. 791–803. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9912-4> [ограниченный доступ для подписчиков].
16. Gnap, J., Poliak, M. Kalkulácia vlastných nákladov a tvorba ceny v cestnej doprave. *Žilinská univerzita*, 2002, 243 p. ISBN 80-7100-958-X. [Электронный ресурс]: <https://edis.uniza.sk/produkt/6389/Kalkulacia-vlastnych-nakladov-a- tvorba-ceny-v-cestnej-doprave/> [платный доступ].
17. Turner, S., Eun, Sug Park. Incomplete Archived Data of Intelligent Transportation Systems for Calculation of Annual Average Traffic Statistics what Level of Missing Data Causes Problems? *Transportation Research Record*, 2008, Iss. 2049, pp. 1–13. DOI: 10.3141/2049-01 [ограниченный доступ для подписчиков].
18. Droździel, P., Piasecki, S. Study of the method of assessing the economic efficiency of exploitation cars in a transport company. *Folia Societatis Scientiarum Lublinensis*. Lublin, 1995, pp. 60–66.
19. Baller, A. C. [et al]. The dynamic-demand joint replenishment problem with approximated transportation costs. *European journal of operational research*, 2019, pp. 1013–1033. DOI: 10.1016/j.ejor.2019.01.070.
20. Poliak, M. The Relationship with Reasonable Profit and Risk in Public Passenger Transport in the Slovakia. *Ekonomický časopis*, 2013, Vol. 61, Iss. 2, pp. 206–220. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/289230545_The_Relationship_with_Reasonable_Profit_and_Risk_in_Public_Passenger_Transport_in_the_Slovakia/link/6034d341299bflcc26e4b47a/download. Доступ 30.09.2022.
21. Lai, Y. B. The political economy of capital market integration and tax competition. *European Journal of Political Economy*, 2010, Vol. 26 (4), pp. 475–487. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2010.02.001>.
22. Říha, Z., Tichý, J. The Costs Calculation and Modelling in Transport. *Transport Means 2015 – Proceedings of the International Conference*. Kaunas Univ. Technol., 2015, pp. 388–391. [Электронный ресурс]: http://www.ioda.cz/_publikace/pub/2015_The_Cost_Calculation.pdf. Доступ 30.09.2022.
23. Trigaux, D. Wijnants, L., De Troyer, F., Allacker, K. Life cycle assessment and life cycle costing of road infrastructure in residential neighbourhoods. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2017, Vol. 22, Iss. 6, pp. 938–951. DOI: 10.1007/s11367-016-1190-x [ограниченный доступ для подписчиков].
24. Yiwei, Chen; Hai, Wang. Pricing for a Last-Mile Transportation System. *Transportation Research Part B-Methodological*, 2017, Vol. 107, pp. 57–69. DOI: 10.1016/j.trb.2017.11.008.
25. Krasnyanskiy, M., Penshin, N. Quality criteria when assessing competitiveness in road transport services. *Transport Problems*, 2016, Vol. 11, Iss. 4, pp. 15–20. DOI: 10.20858/tp.2016.11.4.2.
26. Kedzior-Laskowska, M. Economic attributes of quality and competitiveness on the market of road freight transport services. *Ekonomia i Prawo-Economics and Law*, 2019, Vol. 18, Iss. 4, pp. 441–457. DOI: 10.12775/EiP.2019.029. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/338446584_Economic_attributes_of_quality_and_competitiveness_on_the_market_of_road_freight_transport_services/link/5e153beba6fdcc283761af40/download. Доступ 30.09.2022.
27. Gnap, J., Konecny, V., Poliak, M. Demand elasticity of public transport. *Ekonomický časopis*, 2006, Vol. 54, Iss. 7, pp. 668–684. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/292548426_Demand_elasticity_of_public_transport/link/603762a0a6fdcc37a84e2e46/download. Доступ 30.09.2022.
28. Gasparik, J., Stopka, O., Peceny, L. Quality Evaluation in Regional Passenger Rail Transport. *Nase More*, 2015, Vol. 62, Iss. 3, pp. 114–118. DOI: 10.17818/NM/2015/SI5.
29. Askari, S., Peiravian, F. Public transportation quality of service: factors, models and applications. *Transport Reviews*, 2019, Vol. 39, Iss. 4, pp. 558–560. DOI: 10.1080/01441647.2018.1531083 [ограниченный доступ для подписчиков].
30. Xiao-Feng, Xie; Zunjing, Jenipher Wang. Combined traffic control and route choice optimization for traffic networks with disruptive changes. *Transportmetrica B-Transport dynamics*, 2019, pp. 814–833. DOI: <https://doi.org/10.1080/21680566.2018.1517059> [ограниченный доступ для подписчиков].
31. Poliak, M., Poliakova, A., Mrnikova, M., Simurkova, P., Jaskiewicz, M., Jurecki, R. The Competitiveness of Public Transport. *Journal of Competitiveness*, 2017, Vol. 9, Iss. 3, pp. 81–97. DOI: 10.7441/joc.2017.03.06. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/320140877_The_Competitiveness_of_Public_Transport/link/59d03c8aa6fdcc181ace0ccd/download. Доступ 30.09.2022.
32. Mitsakis, E., Lordanopoulos, P., Aifadopoulou, G., Tyrinopoulos, Y., Chatziathanasiou, M. Deployment of Intelligent Transportation Systems in South East Europe. Status and Future Prospects. *Transportation Research Record*, 2015, Iss. 2489, pp. 39–48. DOI: 10.3141/2489-05. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/295255006_Deployment_of_Intelligent_Transportation_Systems_in_South_East_Europe/link/56eb159308aeb65d7593a0a1/download. Доступ 30.09.2022.
33. Albalade, D., Bel, G., Fageda, X. Competition and cooperation between high-speed rail and air transportation services in Europe. *Journal of Transport Geography*, 2015, Vol. 42, pp. 166–174. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2014.07.003 [ограниченный доступ для подписчиков].
34. Madudova, E., David, A. Identifying the derived utility function of transport services: Case study of rail and sea container transport. *Transportation Research Procedia*, 2019, pp. 1096–1102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.153>.

Информация об авторах:

Поляк Милош – Ph.D., профессор, кафедра автомобильного и городского транспорта факультета эксплуатации и экономики транспорта и связи Жилинского университета, Жилина, Словакия, miros.poliak@fpedas.uniza.sk. ORCID: 0000-0002-9149-2439.

Лахметкина Наталья Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры логистических транспортных систем и технологий, заместитель начальника учебного отдела Института управления и цифровых технологий Российского университета транспорта, Москва, Россия, naturla@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 30.09.2022, одобрена после рецензирования 28.10.2022, принята к публикации 01.11.2022.



ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 656.222.4:656.256.3:001.76

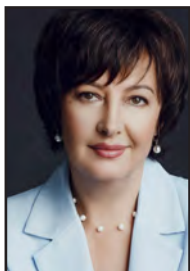
DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-6>

Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 46–53

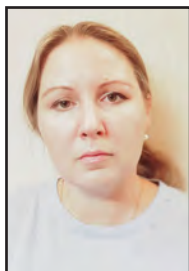
Снижение дефицита пропускных способностей железнодорожных направлений за счёт внедрения интервального регулирования движения поездов



Петр КУРЕНКОВ



Ирина СОЛОП



Евгения ЧЕБОТАРЕВА



Елена ГЕРАСИМОВА



Надежда КУРГАНОВА

Петр Владимирович Куренков¹, Ирина Андреевна Солоп², Евгения Андреевна Чеботарева³, Елена Анатольевна Герасимова⁴, Надежда Владимировна Курганова⁵

^{1, 5} Российский университет транспорта, Москва, Россия.

^{2, 3} Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС), Ростов-на-Дону, Россия.

⁴ Самарский государственный университет путей сообщения (СамГУПС), Самара, Россия.

✉ kurganovanadya@inbox.ru.

АННОТАЦИЯ

В статье приведены различные варианты технических и технологических мероприятий по развитию пропускных способностей железнодорожных направлений, где имеется потребность в освоении возрастающих объёмов перевозок, вызванных различными факторами, в том числе, изменением национальных и мировых грузо- и пассажиропотоков.

В работе рассмотрены мероприятия, осуществляемые в целях внедрения и эффективного использования новой технологии «виртуальной сцепки» при интервальном регулировании движения поездов в условиях ограниченных пропускных способностей железнодорожных направлений, позволяющей сократить межпоездные интервалы, расходы

электроэнергии на тягу, а также на содержание инфраструктуры. Такой вид интервального регулирования позволяет управлять ведомым локомотивом с учётом информации, которая передается по радиоканалу с локомотива ведущего поезда. Выявлены проблемы, которые возникают при пропуске поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка».

Приведены примерные расчёты, связанные с внедрением системой мотивации дежурно-диспетчерского персонала дирекций управления движением и премированием работников дирекций тяги за каждый отправленный и проследовавший по участку поезд в режиме интервального регулирования.

Ключевые слова: инфраструктура, инновации, железнодорожный транспорт, полигон, системы автоблокировки, виртуальная сцепка, пропускная способность, мотивация, эффективность.

Для цитирования: Куренков П. В., Солоп И. А., Чеботарева Е. А., Герасимова Е. А., Курганова Н. В. Снижение дефицита пропускных способностей железнодорожных направлений за счёт внедрения интервального регулирования движения поездов // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 46–53. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-6>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Железнодорожный транспорт – один из основных элементов транспортной системы в силу важности вопросов, связанных с транспортным обеспечением, освоением заданного объема перевозок, сохранностью и надёжностью сроков доставки грузов, развитием новых промышленных районов, международной транспортной интеграции. Перед транспортной отраслью стоят непростые задачи, направленные как на усиление мощностей существующих линий, так и развитие новых высокоскоростных транспортных магистралей.

Несмотря на рост в 2020–2021 году основных показателей деятельности железных дорог (табл. 1), отсутствие резервов пропускных и перерабатывающих способностей отдельных железнодорожных направлений осложняет движение поездов по участкам и приводит к образованию «брошенных поездов» на подходах к морским портам и пунктам перевалки. В связи с вышесказанным, на железных дорогах постоянно проводится работа по форсированию пропускной способности на основных направлениях. К основным мероприятиям традиционно относятся реконструктивные и организационно-технические (технологические) решения, при этом последние с учётом незначительных инвестиций предпочтительнее на краткосрочный период.

В компании ОАО «РЖД» ведётся плановая работа, которая заключается не только в разработке новых нормативных документов, но и применении современных инновационных решений на лимитирующих участках на долгосрочный период. К таким инновациям относятся: внедрение систем автоматической локомотивной сигнализации (АЛСО) с подвижными блок-участками, развитие новых систем интервального регулирования движения поездов и технологии виртуальных сцепок (ВСЦ) [1–4].

По результатам исследования, проведённого авторами [5], установлено, что одиночных организационных мероприятий для обеспечения требуемой пропускной способности грузонапряжённых участков недостаточно и требуется иногда разработка комплекса мероприятий [6]. В связи с этим авторами проанализированы различные меры по увеличению пропускной способности, предполагающие использование различных систем движения поездов [7; 8], увеличение доли длинносоставных и тяжеловесных поездов [9; 10], изменение параметров инфраструктуры [11–14], выбор типа расписания и способов прокладки поездов по расписанию [15], использование моделей оптимизации и других инструментов для разработки расписаний [16–20].

Так, например, передовые технологии «виртуальных сцепок» показали свою эффективность на Восточном полигоне сети «РЖД». На заседании Научно-технического совета ОАО «РЖД», который состоялся 13 мая 2021 года, было одобрено внедрение на Восточном полигоне разработанных и апробированных в ОАО «РЖД» технологий интервального регулирования «подвижный блок-участок», «виртуальная сцепка», а также технических средств, обеспечивающих интервальное регулирование движения поездов, для увеличения пропускной способности с учётом технико-экономического обоснования конкретных участков.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выбран Восточный полигон, так как именно в этом направлении отмечается значительный рост железнодорожных перевозок. До начала пандемии COVID-19 незначительный поток контейнерных грузов по Транссибу шел в основном из Японии и Южной Кореи в Европу и состоял из: движения по морю до портов Российской Федерации, затем железной доро-

Таблица 1
Выполнение количественных показателей Холдинга ОАО «РЖД»
[Справка «Основные показатели перевозочной деятельности транспорта»:
<https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Perevozka2022.xls>]

Показатели грузовых перевозок	2020 г.	2021 г.	Динамика
Погрузка (млн тонн)	1243,5	1282,8	▲ 3,2 %
Тарифный грузооборот (млрд тарифных т*км)	2544,4	2637,7	▲ 3,7 %
Грузооборот с учётом пробега вагонов в порожнем состоянии (млрд тарифных т*км)	3220,6	3319,6	▲ 3,1 %



гой по Транссибу, далее по морю из портов России и Прибалтики ввиду различной ширины железнодорожной колеи, недостаточного развития мощностей перегрузочных терминалов. В настоящий момент в связи с проблемами логистики в Суэцком канале и возросшей транспортной составляющей, Китай переориентирует свой экспорт в Европу через российские железные дороги. Для этого постепенно создавались необходимые условия: на железнодорожных соединениях с Китаем были построены перегрузочные контейнерные терминалы, на западных границах России и Белоруссии – мощные логистические центры, поэтому контейнеры доставляются сейчас железнодорожным транспортом. Упрощение таможенного и сопутствующего контроля, наличие зелёного коридора для транзитных грузов сократило время доставки с 30 до 14 дней.

Но остаётся открытым вопрос, готова ли и дальше инфраструктура Восточного полигона удовлетворять растущий спрос на экспортных рынках и расширить грузовую базу в регионе. Эти тенденции требуют детального изучения и прогнозирования, разработки различных логистических схем доставки грузов, проведения комплексных исследований, направленных на оптимизацию транспортных процессов при взаимодействии различных видов транспорта, оценки пропускной способности важнейших направлений проследования грузопотоков [3].

Протяжённость «узких мест» на Восточном полигоне в 2020 году составила более 8000 км. В связи с этим происходит активный поиск различных мероприятий по сокращению барьерных мест. С этой точки зрения важен анализ предлагаемых современных инновационных решений и оценки их эффективности.

Задачами исследования является оценка эффективности применения технологии «виртуальных сцепок» на Восточном полигоне, а также возможность применения данной технологии на других полигонах с целью увеличения пропускной и провозной способности наиболее напряжённых участков.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Особенности внедрения технологии «виртуальная сцепка» при пропуске поездов

Согласно концепции внедрения на сети железных дорог комплексной технологии

интервального регулирования движения поездов, утверждённой распоряжением ОАО «РЖД» от 28.09.2020 г. № 2123р, технология интервального регулирования движения поездов «виртуальная сцепка» является одним из инструментов повышения пропускной способности на участках железных дорог с высокой интенсивностью движения поездов, а также при проведении «окон» с закрытием одного из главных путей.

Рассмотрим технологию «виртуальной сцепки» подробнее. Обязательными условиями при использовании технологии «виртуальная сцепка» считаются:

- наличие на локомотивах (ведущем и ведомом) устройств УСВП¹, ИСАВП-РТ-М²;
- наличие регистрируемого приказа поездного диспетчера на формирование и отправление с начальной станции (с указанием участка следования) грузовых поездов в режиме «виртуальной сцепки»;
- минимальный интервал движения грузовых поездов, следующих на «виртуальной сцепке», предлагается определить не более восьми минут.

Единицей наблюдения следования грузовых поездов по технологии «виртуальная сцепка» по плечам обслуживания локомотивных бригад предлагается считать «виртуальный сцеп», состоящий из двух и более поездов, при этом рассматривать «виртуальный сцеп» по аналогии с соединёнными поездами на «жёсткой сцепке» нецелесообразно. Началом учёта «виртуального сцепа» предлагается считать момент отправления с начальной станции ведущего (головного) поезда в режиме «виртуальной сцепки». Окончание учёта «виртуального сцепа» – момент прибытия на конечную станцию плеча обслуживания локомотивных бригад (станцию смены локомотивов или локомотивных бригад) ведомого (второго) поезда в режиме «виртуальной сцепки» в интервале не более восьми мин.

Если в пути следования «виртуального сцепа» имелись случаи временного разрыва связи между устройствами УСВП, ИСАВП-РТ-М, а прибытие на конечную станцию обслуживания локомотивных бригад (стан-

¹ Унифицированная система автоматизированного ведения поезда.

² Интеллектуальная система автоматизированного вождения соединённых поездов распределённой по длине тягой (ИСАВП-РТ).

цию смены локомотивов или локомотивных бригад) выполнено в интервале до восьми минут от ведущего поезда, такой «виртуальный сцеп» предлагается принимать к учёту, а в случае прибытия с большим интервалом – не принимать.

Оценка эффективности применения технологии «виртуальной сцепки»

Актуальность данной темы подтвердил проведённый 13 мая 2021 года Научно-технический совет ОАО «РЖД» «О разработке и внедрении технологий интервального регулирования движения поездов для повышения пропускной способности на Восточном полигоне». На заседании были озвучены основные направления и приняты соответствующие решения для дальнейшего развития технологии: применение на постоянной основе технологии «виртуальная сцепка» для организации движения поездов на участке Карымская–Хабаровск–Смоляниново Забайкальской и Дальневосточной железных дорог; расширение полигона внедрения технологии «виртуальная сцепка» с учётом подготовки локомотивного парка, локомотивных бригад и дежурно-диспетчерского персонала на участке Карымская–Тайшет, а также на участках преимущественно пассажирского движения в направлении Черноморского побережья; доработка алгоритмов работы ИСАВП-РТ-М в режиме «виртуальной сцепки»; формирование предложений по организации учёта показателей статистической отчётности и мотивации персонала при движении поездов с использованием технологии «виртуальная сцепка» и другие.

На полигоне Карымская–Хабаровск–Смоляниново проводятся эксплуатационные испытания по вождению поездов в режиме «виртуальная сцепка» и осуществляется ввод в опытную эксплуатацию бортовых технических средств безопасности КЛУБ-У с изменённым программным обеспечением, цифровых радиомодемов и системы ИСАВП-РТ-М, осуществляющей поддержку данной технологии на локомотивах серии ЗЭС5К.

Для оценки эффективности использования технологии интервального регулирования предлагается учитывать грузовые поезда, следующие на «виртуальной сцепке», по следующим параметрам:

- количество «виртуальных сцепов», проведённых в отчётный период;

- тонно-километры брутто (нетто), выполненные «виртуальными сцепами»;

- вагоно-километры, выполненные «виртуальными сцепами»;

- средняя участковая скорость движения каждого грузового поезда, следующего в режиме «виртуальная сцепка»;

- расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов при следовании каждого грузового поезда в режиме «виртуальная сцепка»;

- средний интервал движения грузовых поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка»;

- процент следования поездов в режиме «виртуальная сцепка» с учётом продолжительности временного разрыва связи между устройствами ИСАВП, ИСАВП-РТ-М ведущего и ведомого локомотива.

На сегодняшний день есть ряд сложностей по проведению анализа применения данной технологии, рассмотрим их. Прежде всего, требуется автоматизированный контроль организации пропуска поездов в режиме «виртуальная сцепка» с дальнейшим анализом выполненной технологии. На данный момент проследование этих поездов фиксируется в «ручном» режиме. Такой подход не позволяет получить полной информации о результатах поездок, выявить отклонения от графика движения, оценить состояние и готовность тяговых ресурсов.

В целях формирования фактических данных и проведения анализа эффективности применения данной технологии причастными департаментами и филиалами разработан перечень следующих показателей для включения в формы статистической отчётности (табл. 2).

Для реализации поставленной задачи необходимо разработать ряд нормативных документов и организовать автоматическое формирование справочно-аналитических форм Центральной дирекцией управления движением. С этой целью было подготовлено распоряжение, на основании которого планируется утвердить и ввести в действие с 1 июня 2024 года форму внутренней статистической отчётности ДО-44 ВСЦ «Отчёт о грузовых поездах, следующих на инфраструктуре ОАО «РЖД» по технологии «виртуальная сцепка».

Основные блоки данных для оценки эффективности применения технологии «виртуальная сцепка» представлены на рис. 1.





Таблица 2

Показатели для анализа эффективности применения технологии «виртуальная сцепка» [составлено авторами]

Реализация технологии	• количество поездов, отправленных со станций полигона в режиме «виртуальная сцепка»; • количество поездов, проведённых в режиме «виртуальная сцепка»; • средний интервал движения грузовых поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка»; • процент следования поездов в режиме «виртуальная сцепка» с учётом продолжительности временного разрыва связи между ведущим и ведомым локомотивами.	Оценка масштаба внедрения технологии и выполнения технологических требований
Освоение объёмов	• тонно-километры брутто (нетто), выполненные поездами, следующими в режиме «виртуальная сцепка», с выделением ведущего и ведомого локомотива; • вагоно-километры, выполненные поездами, следующими в режиме «виртуальная сцепка», с выделением ведущего и ведомого локомотива.	Оценка увеличения пропускных возможностей участков
Качество использования тяги	• средняя участковая и техническая скорость движения грузовых поездов, проследовавших в режиме «виртуальная сцепка»; • средняя масса поезда (брутто), следующего в режиме «виртуальная сцепка», рассчитываемая как средняя масса каждого из поездов, следующих по используемой технологии.	Оценка эффективности организации работы локомотивов и локомотивных бригад
Потребность в ресурсах	• удельный расход топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов; • абсолютная и удельная рекуперация для поездов, следующих в режиме «виртуальная сцепка».	Оценка расхода ресурсов при реализации технологии

После разработки установленным порядком необходимых документов, указанные предложения будут реализованы в автоматизированных системах: АСОУП (Автоматизированная система оперативного управления перевозками), ГИД «Урал-ВНИИЖТ» (Автоматизированная система ведения и анализа графика исполненного движения), АРМ ОНД (Автоматизированное рабочее место «Отчётные и номерные данные») в рамках программы цифровизации транспортной отрасли. Это позволит обеспечить формирование единой базы данных локомотивов, оборудованных для работы по технологии «виртуальная сцепка»; автоматизированное формирование данных о поездах, следующих в режиме «ВСЦ»; использование данных для объективной оценки работы персонала и его мотивации. Вторым этапом станет автоматизация формирования информации, необходимой для оценки эффективности применения технологии.

Предложения по мотивации дежурно-диспетчерского персонала к реализации новой технологии

Важную роль в реализации новой технологии играет персонал, обеспечивающий пропуск поездов с сокращёнными межпо-

ездными интервалами регулирования на всем участке следования. Выработана единая позиция о необходимости мотивации дежурно-диспетчерского персонала дирекций управления движением и работников дирекций тяги с выплатой фиксированного денежного вознаграждения за каждый отправленный и проследовавший по участку поезд в режиме интервального регулирования.

В рамках работы над предложениями по мотивации персонала сформирован перечень показателей статистического наблюдения, отражающий реализацию данной технологии:

- всего отправлено поездов в режиме «виртуальная сцепка»;
- количество поездов, проследовавших на всём участке следования в режиме «виртуальная сцепка», с расчётом доли от общего количества отправленных поездов;
- количество поездов, частично проследовавших на участке следования в режиме «виртуальная сцепка», с расчётом доли от общего количества отправленных поездов.

Для этого в соответствии с принятой в компании системой премирования (утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 20.07.2010 г. № 1573р) при организации дополнительного премирования необходи-

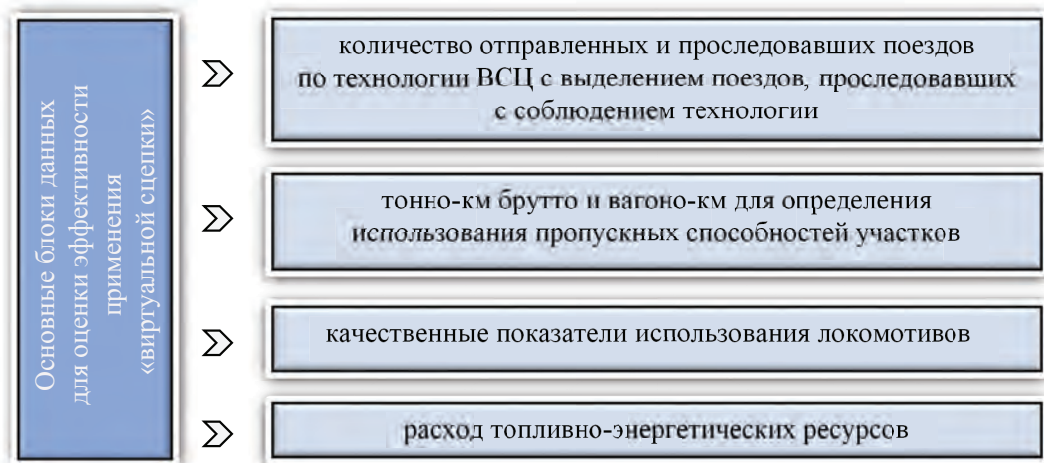


Рис. 1. Основные блоки данных для оценки эффективности применения технологии «виртуальная сцепка» [выполнено авторами].

мо обеспечить следующие основные условия:

1. Определить показатели премирования.

В качестве показателей на период опытной эксплуатации технологии «виртуальная сцепка» предлагается применить следующие показатели:

- количество отправленных со станций поездов в режиме «виртуальная сцепка»;
- количество проследовавших по полигону поездов в режиме «виртуальная сцепка», при условии проследования в данном режиме не менее 85 % диспетчерских участков по всему маршруту следования.

2. Установить круг премируемых работников, непосредственно влияющих на выполнение данных показателей.

3. Премирование планируется производить ежемесячно в зависимости от результатов каждого работника, охваченного данной системой мотивации.

4. Одно из важнейших обязательных условий – наличие достоверной статистики по выполнению показателей премирования. В этом поможет доработанный программный модуль АСОУП-3.

Планируется, что премирование будет распространяться на дежурных по железнодорожным станциям отправления поездов и на поездных диспетчеров участков проследования данных поездов.

Рассмотрим примерный расчёт (если будет принято решение об изменении сум-

мы) средней выплаты премиального вознаграждения и фонда премирования для дежурных по станции (ДСП) и поездных диспетчеров (ДНЦ).

Выполним расчёт для ДСП:

$$\Phi_{\text{ДСП}}^{\text{прем}} = \frac{n_{\text{отпр}} \cdot Ц}{k_{\text{чел}} \cdot РК}, \text{ руб.}, \quad (1)$$

где $n_{\text{отпр}}$ – количество отправок поездов в режиме «виртуальная сцепка»;

$Ц$ – сумма за каждую пару поездов;

$k_{\text{чел}}$ – количество ДСП, использующих технологию интервального регулирования;

$РК$ – районные коэффициенты.

Приведём пример расчёта, если определить для ДСП размер премии из расчёта 700 рублей за каждую пару поездов, отправленную со станции в режиме «виртуальная сцепка». Например, численность ДСП, охваченных премированием, составляет 52 человека на восьми станциях отправления поездов по технологии интервального регулирования, в том числе Карымская (12 чел.), Чернышевск-Забайкальский (5 чел.), Могоча (10 чел.), Уруша (5 чел.), Смоляниново (5 чел.), Ружено (5 чел.), Хабаровск-2 (5 чел.), Облучье (5 чел.). Исходя из используемых для примерного расчёта среднемесячных данных по количеству отправок поездов в режиме «виртуальная сцепка» за девять месяцев (180 пар поездов в месяц) средний размер премирования дежурных по станции с учётом районного регулирования за месяц составит:

$$\Phi_{\text{ДСП}}^{\text{прем}} = \frac{180 \cdot 700}{52 \cdot 0,6245} = 3880 \text{ руб./мес.}$$





Выполним расчёт для ДНЦ:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДНЦ}} = \frac{n_{\text{отпр}} \cdot b_{\text{уч}} \cdot \Pi}{k_{\text{мес}} \cdot PK}, \text{ руб.}, \quad (2)$$

где $b_{\text{уч}}$ – количество диспетчерских участков, на которых применена данная технология.

Для поездных диспетчеров размер премии определим из расчёта 300 рублей за каждую проследовавшую по полигону пару поездов в режиме «виртуальная сцепка», при условии проследования в данном режиме не менее 85 % диспетчерских участков по всему маршруту следования. Премированием охвачено 78 поездных диспетчеров 13 диспетчерских участков, в том числе по восьми диспетчерским участкам Забайкальской железной дороги (48 чел.) и пяти диспетчерским участкам Дальневосточной железной дороги (30 чел.).

Исходя из условия, что каждая из 180 отправок пройдет в среднем в режиме «виртуальной сцепки» 11 диспетчерских участков (85 % от общей протяжённости маршрута следования поездов) размер премирования за месяц составит:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДНЦ}} = \frac{180 \cdot 11 \cdot 300}{78 \cdot 0,62498} = 12185 \text{ руб./мес.}$$

Выполним расчёт потребности в фонде оплаты труда на выплату дополнительного премирования для ДСП и ДНЦ в годовом исчислении:

$$\Phi_{\text{прем}}^{\text{ДСП, ДНЦ}} = (3880 \cdot 52 + 12185 \cdot 78) \cdot 12 =$$

13826280 руб./мес.

Данная методика может быть использована при проведении расчётов по фактическим установленным в будущем условиям премирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новые технологические и инновационные решения, которые принимаются к реализации с целью увеличения пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений, безусловно требуют технико-экономических расчётов, проведения опытной эксплуатации для корректировки ошибок и недостатков, выявленных в ходе апробации. Необходимо отметить, что основным риском данной технологии является потеря связи между локомотивами по радиоканалам, что может приводить к разрыву сцепки, переходу на «ручное» управление ведомого поезда и увеличению интервала между поездами.

В рамках актуализации организации движения поездов на участках Восточного полигона на период до 2025 года с учётом обновлённой грузовой базы необходимо разрабатывать варианты пропуска поездов с применением инновационных технологий интервального регулирования на основе математического моделирования, выполнить тяговые и электрические расчёты для определения допустимых межпоездных интервалов при пропуске поездов в режиме «виртуальная сцепка». Вместе с тем внедрение системы «виртуальной сцепки» потребует решения следующих вопросов:

- необходимость дооснащения локомотивов современными устройствами безопасности, системами автоведения и средствами передачи данных;
- переработка технологии управления движением поездов с учётом сокращения межпоездных интервалов, а также необходимость увеличения длины приёмопровочных путей и применения стрелок пологих марок.

Также необходимо учесть внедрение данной технологии при разработке Инструкции по расчёту пропускной и провозной способностей железных дорог ОАО «РЖД», разработать предложения по повышению уровня автоматизации перевозочного процесса на участках и решающих станциях полигонов дорог в целях обеспечения максимального перехода от информационных к управляющим системам при внедрении технологий интервального регулирования движением поездов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Климова Е. В. Пропускная способность перегонов при реализации технологии «виртуальная сцепка» грузовых поездов // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 3 (47). – С. 53–64. DOI: 10.20291/2079-0392-2020-3-53-64.
2. Розенберг Е. Н., Дубчак И. А., Шабалин Н. Г., Панферов И. А. Организация движения поездов с сокращённым интервалом на крупных пассажирских узлах // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 1. – С. 11–16. DOI: 10.34649/AT.2020.1.1.001 [платный доступ].
3. Воронин В. А., Куренков П. В., Солоп И. А., Чеботарева Е. А. Современные технологические и инновационные решения, направленные на увеличение пропускных и провозных способностей железнодорожных направлений // Транспортные системы и технологии. – 2021. – Т. 7. – № 2. – С. 16–29. DOI: 10.17816/transsyst20217216-29.
4. Оленевич В. А., Упырь Р. Ю., Антипина А. А. Эффективность внедрения интервального регулирования движения поездов по системе «виртуальная сцепка» на участке // Современные технологии. Системный анализ.

Моделирование. – 2020. – № 2 (66). – С. 182–189. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).182-189.

5. Zubkov, V., Ryazanova, E., Chebotareva, E., Bakalov, M., Gordienko, A. Capacity and Traffic Management on a Heavy-Traffic Railway Line. In: Popovic, Z., Manakov, A., Breskich, V. (eds) VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, Vol 1116, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_92.

6. Куренков П. В., Володин И. А., Астафьев А. В., Мухамадшоев Ф. К., Солоп И. А. Анализ подходов к определению пропускных способностей объектов транспортной инфраструктуры // Транспорт: наука, техника, управление. – 2020. – № 9. – С. 8–14. DOI: 10.36535/023619142020092. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44106127> [платный доступ].

7. Goverde, R. M. P., Corman, F., D'Ariano, A. Railway line capacity consumption of different railway signalling systems under scheduled and disturbed conditions. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2013, Vol. 3, Iss. 3, pp. 78–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2013.12.001>.

8. Ljubaj, I., Mlinarić, T. J. The Possibility of Utilising Maximum Capacity of the Double-Track Railway by using Innovative Traffic. Transportation Research Procedia, 2019, Vol. 40, pp. 346–355. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.051>.

9. Xi, Wang; Shukai, Li; Tao, Tang. Robust optimal predictive control of heavy haul train under imperfect communication. ISA Transactions, 2019, Vol. 91, pp. 52–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.01.029>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019057819300412> [платный доступ].

10. Siroky, J., Siroka, P., Vojtek, M., Divoky, R. Establishing Line Throughput with Regard to the Operation of Longer. Trains Transportation Research Procedia, 2021, Vol. 53, pp. 80–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.011>.

11. Воронин В. А., Филиппченко С. А., Куренков П. В., Солоп И. А., Чеботарева Е. А. Инновационные элементы инфраструктуры железнодорожного комплекса: оценка технологий и показателей эксплуатационной работы // Транспорт: наука, техника, управление. – 2021. – № 3. – С. 18–22. DOI: 10.36535/0236-1914-2021-03-3. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46578862> [платный доступ].

12. Vakulenko, S. P., Kurenkov, P. V., Kuzina, E. L., Astafiev, A. V., Nadolinsky, P. V., Chebotareva, E. A., Solop, I. A., Vasilenko, M. A., Barashyan, V. Y., Gašparik, J. Influence of innovative elements of railway infrastructure complex on the technology of the transport process.

Transportation Research Procedia, 2021, Vol. 55, pp. 342–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.040>.

13. Kendra, M., Babin, M., Barta, D. Changes of the Infrastructure and Operation Parameters of a Railway Line and Their Impact to the Track Capacity and the Volume of Transported Goods. Procedia – Social and Behavioral Sciences, 2012, Vol. 48, pp. 743–752. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1052>.

14. Odolinski, K., Boysen, H. E. Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2019, Vol. 9, pp. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2018.12.001>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210970618300441> [платный доступ].

15. Pascariu, B., Coviello, N., D'Ariano, A. Railway freight node capacity evaluation: A timetable-saturation approach and its application to the Novara freight terminal. Transportation Research Procedia, 2021, Vol. 52, pp. 155–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.01.017>.

16. Weik, N., Warg, J., Johansson, I., Bohlin, M., Nießen, N. Extending UIC 406-based capacity analysis – New approaches for railway nodes and network effects. Journal of Rail Transport Planning & Management, 2020, Vol. 15 (3), pp. 100199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2020.100199>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210970619300897> [платный доступ].

17. Jensen, L. W., Schmidt, M., Nielsen, O. A. Determination of infrastructure capacity in railway networks without the need for a fixed timetable Transportation Research. Part C: Emerging Technologies, 2020, Vol. 119, pp. 102751. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102751>. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X2030663X> [платный доступ].

18. Rosell, F., Codina, E. A model that assesses proposals for infrastructure improvement and capacity expansion on a mixed railway network. Transportation Research Procedia, 2020, Vol. 47, pp. 441–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.119>.

19. Bešinović, N., Goverde, R. M. P. Capacity Assessment in Railway Networks. In: Borndörfer, R., Klug, T., Lamorgese, L., Mannino, C., Reuther, M., Schlechte, T. (eds.). Handbook of Optimization in the Railway Industry. International Series in Operations Research & Management Science, 2018, Vol. 268. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72153-8_2.

20. Burdett, R. L. Optimisation models for expanding a railway's theoretical capacity. European Journal of Operational Research, 2015, Vol. 251 (3), pp. 783–797. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.033. ●

Информация об авторах:

Куренков Петр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальными системами Российского университета транспорта, Москва, Россия, petrkurenkov@mail.ru.

Солоп Ирина Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия, bhbirf1122@yandex.ru.

Чеботарева Евгения Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления эксплуатационной работой Ростовского государственного университета путей сообщения, Ростов-на-Дону, Россия, Abrosimova@ya.ru.

Герасимова Елена Анатольевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и финансов Самарского государственного университета путей сообщения, Самара, Россия, gerasi1960@mail.ru.

Курганова Надежда Владимировна – аспирант кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальными системами Российского университета транспорта, Москва, Россия, kurganovanadya@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 22.09.2022, одобрена после рецензирования 14.11.2022, принята к публикации 16.11.2022.





НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 338.5:336.64:656.7

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-7>

Моделирование цен авиаперевозок пассажиров



Ольга СУШКО



Николай КОРЯГИН

Ольга Петровна Сушко¹,
Николай Дмитриевич Корягин²

^{1, 2} Московский государственный технический
университет гражданской авиации Москва, Россия.

✉ ¹ o.sushko@mstuca.aero.

✉ ² n.koryagin@mstuca.aero.

АННОТАЦИЯ

Ценовая политика авиакомпаний разрабатывается на основании ретроспективного анализа ценовой динамики авиаперевозок и прогнозирования рыночной ситуации спроса и предложения. Ценовая динамика пассажирских авиаперевозок имеет определённую структуру и закономерности, выявление которых помогает формировать конкурентоспособное ценовое предложение для пассажиров.

Цель работы заключается в исследовании структуры ценовой динамики с 2008 года по 2022 год и выявлении закономерностей движения цен на пассажирские авиаперевозки, что важно учитывать при определении ценового курса и диапазона цен тарифов. Исследования ценовой динамики авиабилетов эконометрическими методами позволили выявить структуру временного ряда цен и разработать ряд моделей.

При исследовании структуры ценовой динамики в первую очередь была выделена и проанализирована сезонная компонента, расчёт которой проводился по аддитивным и мультипликативным моделям. Диапазон сезонных изменений составляет -8,5 % до +12,5 %. Автокорреляционная функция динамики среднемесячных цен показыва-

ла, что временной ряд цен на авиабилеты содержит тренд. Кроме трендовых и сезонных компонент в динамике цен выделены циклические колебания, моделирование которых проводилось на основе регрессионного анализа. Циклические изменения динамики цен на авиабилеты, выявленных с 2008 года по настоящее время, не имеют устойчивого характера.

В анализируемой динамике выделено несколько среднесрочных циклов продолжительностью 4–6 лет. Цикличность динамики цен на авиаперевозки во многом совпадает с общеэкономическими среднесрочными циклами, но присутствуют временные лаги запаздывания или отставание темпов роста или снижения.

Таким образом, изменение цен на гражданские авиаперевозки имеет закономерный трендциклический характер, формирующийся под действием фундаментальных макроэкономических факторов и новых детерминант, действие которых может вызывать более сильное изменение, но с кратким периодом воздействия, или лаговое влияние. Аддитивные и мультипликативные модели помогут спрогнозировать среднегодовые цены авиатарифов.

Ключевые слова: гражданская авиация, ценовая динамика авиаперевозок пассажиров, структура динамики цен, регрессионный и корреляционный анализы, трендовые закономерности, сезонные и циклические компоненты динамики цен на авиабилеты, адаптивные, аддитивные и мультипликативные модели.

Для цитирования: Сушко О. П., Корягин Н. Д. Моделирование цен авиаперевозок пассажиров // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 54–63. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-7>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Глобальная политическая напряжённость, экономические ограничения и социальные проблемы интегрируют новые условия функционирования предприятий, отраслей, обществ и стран и затрагивают российскую авиаотрасль гражданской авиации. Совокупность факторов, включая пандемию и послепандемийное восстановление, отражается на пассажиропотоке и стоимости авиабилетов. Сингулярность ценовой динамики авиаперевозок пассажиров, колебания и сдвиги равновесной цены приводят к повышению трансформационных и транзакционных издержек, к снижению эффективности и рентабельности деятельности авиакомпаний [1–4].

Наряду с другими процессами эффективность экономической деятельности авиакомпании определяется снижением издержек в стоимости авиаперевозки пассажиров и повышением цен на авиабилеты, которые могут значительно отличаться от равновесного спроса и предложения на рынке пассажирских авиаперевозок. Ценовая политика и ценовые стратегии авиакомпаний нацелены на достижение максимальной доходности, прибыльности как в условиях стабильного развития экономики, так и в напряжённых социально-экономических и политических условиях. Разработка ценовой политики авиакомпаний должна строиться с пониманием структуры ценовой динамики и учётом закономерностей движения цен на пассажирские авиаперевозки, что позволит снять ряд неопределённостей и обеспечить конкурентоспособное ценовое предложение для потребителей. Следовательно, исследования ценовой динамики авиаперевозок остаются актуальными в теоретическом аспекте и востребованными на практическом уровне. Другой важной причиной необходимости проведения исследования движения цен на авиаперевозки для многих субъектов авиабизнеса, в том числе для государственных органов управления, является государственная поддержка авиакомпаний, осуществляющих внутренние перевозки.

Государственная поддержка пассажирских авиаперевозок и в особенности внутреннего сообщения осуществляется во многих странах Европейского союза, Австралии, США, Канады, и др. К примеру, в Австралии 75 % местных авиаперевозок субсидируется в 50 % размере от коммерческого тарифа [5; 6]. В США на субсидирование авиаперевозок

направляется почти 150 млн долл. ежегодно [5–7]. В России государственное субсидирование осуществляется по социально значимым маршрутам¹. В условиях нарастания политической и экономической напряжённости в 2022 году принято важное решение по расширению государственного субсидирования авиаперевозок с целью повышения доступности авиатранспорта для жителей России и реализации максимальных возможностей для сохранения и развития мобильности населения. В 2022 году направлено на субсидирование авиаперевозок более 12 млрд руб. (меры затронули более 170 маршрутов), а для развития региональных авиаперевозок выделено около 9 млрд руб. по 415 маршруту². Следовательно, исследование динамики цен на авиаперевозки и моделирование ценовой траектории будет способствовать совершенствованию методов прогнозирования цен/тарифов, механизма ценообразования, что важно и актуально для авиабизнеса [8; 9]. Анализируя графики, разрабатывая ценовые модели, оценивая высоту и длину колебания цен, определяя корреляционные связи и силу влияния разных факторных признаков на результативный признак изменения цены, можно оценить вероятность роста или падения цен на авиабилеты на рынке на перспективу, что очень важно в целях прогнозирования и планирования деятельности авиакомпаний и других авиапредприятий.

Сегодня представлено большое количество работ научного и прикладного назначения, связанных с моделированием процессов перевозок грузов и пассажиров, различающихся по сложности, возможности реализации, по объективности интерпретации полученных данных. Такие сложные модели, как нейронные сети, модели с искусственным интеллектом, цепи Маркова и другие, безусловно представляют научный интерес для дискуссионного обсуждения влияния новых факторных реалий, как например, глобальные изменения, институциональные преобразования авиаинфраструктуры, совершенствование

¹ Федеральное агентство воздушного транспорта. Статистические данные. [Электронный ресурс]: <https://favt.gov.ru/deyatelnost-ajeroporty-i-ajerodromy-stat-dannye/?ysclid=ld01tld0f218381281/>. Доступ 10.10.2022.

² В 2022 году на поддержку субсидирования гражданской авиации направлено 172 миллиарда рублей. AVIA.RU Network – российский авиационный портал. [Электронный ресурс]: <https://www.aviastat.ru/analytics/131>. Доступ 15.09.2022.



технико-технологической платформы авиабизнеса, но они малопригодны для практического использования прогнозирования объёмов авиаперевозок. Прогнозирование процессов авиаперевозок на основе эконометрического моделирования позволяет получить более достоверные результаты по сравнению с выводами, полученными при использовании других методов. Новизна исследования ценовой динамики авиаперевозок и моделирование временных рядов связана с учётом в полном объёме информации о корреляционной связи между данными моделируемого ряда. Также полученные модели позволяют проводить мониторинг и добавление новых данных во временные ряды для обеспечения большей достоверности результатов.

Для разработки экспериментальной базы исследования использованы информационные ресурсы: данные международных статистических организаций, российской Федеральной службы государственной статистики, агрегированные данные «АвиаСтат», «Авиапорт» и «Авиапро» и других организаций^{3, 4}, научные издания, другие статистические и аналитические материалы [10–12].

Гипотеза исследований динамики цен на авиаперевозки пассажиров исходит из следующих основных положений:

- изменение цен на гражданские авиаперевозки имеет закономерный характер с наличием тренда;
- варьирование и специфика движения цен пассажирских авиаперевозок циклически и сезонно повторяются под влиянием рыночных и нерыночных факторов;
- динамика цен на авиаперевозки пассажиров выявляет конъюнктуру рынка и определяет возможные перспективы его развития.

Цель исследования заключается в определении структуры ценовой динамики и выявлении закономерностей движения цен на пассажирские авиаперевозки. Объектом исследования является динамика цен на авиаперевозки пассажиров России.

МЕТОДОЛОГИЯ

Основные задачи текущего этапа исследования экономических процессов авиарынка включали определение структуры ценовой динамики стоимости пассажирских авиаперевозок эконометрическими методами, разработка адаптивной модели для сезонной компоненты среднемесячных цен, аддитивных и мультипликативных моделей для среднегодовых цен. Первоначальное исследование динамики цен авиабилетов включало качественный анализ явления, поиск достоверных данных, разработку баз данных и построение временных рядов цен среднегодовых с 2008 по 2022 гг., среднемесячных и среднеквартальных как в целом для России, так и по отдельным маршрутам. Второй этап исследования включал анализ временных рядов цен с помощью методов статистики (группировка, средние величины, размах и др.) и эконометрики (экстраполирование/интерполирование, моделирование и др.).

На основе содержательного анализа данных временных рядов с помощью метода наименьших квадратов рассчитаны разные виды линейных и нелинейных связей. На следующем этапе проводилась интерпретация результатов с определением наиболее точных в ретроспективном аспекте и пригодных для прикладного использования моделей построения проекций цен авиаперевозок. В исследовании задействованы программные продукты и программные средства для обработки данных: MS Access, MS Excel, SPSS, Statistica, программный комплекс для аналитической платформы Loginom.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Визуализация данных с 2000 г. и графический анализ ценовой динамики за 15-летний период с 2008 года по настоящее время подтвердили волновое движение цен (рис. 1). Современное состояние изменения средних цен на авиабилеты показывает, что стоимость полёта экономического класса начала снижаться с 2019 года и к концу 2021 года составила 5482 руб. (в расчёте на 1 тыс. км пути) – снижение составило 13 %. Абсолютный максимум средних цен на авиабилеты в России наблюдался в 2010 году – на уровне 6804 руб. В последующий год наблюдалось резкое падение цен – около 38 % к предыдущему году. И в 2011 году зафиксирован минимальный экстремум средней цены авиаби-

³ SITA: аэропорты нужно срочно цифровизировать, чтобы избежать многочасовых очередей. [Электронный ресурс]: <http://www.ato.ru/content/sita-aerorty-nuzhno-srochno-cifrovizirovat-chtoby-izbezhat-mnogochasovyh-ocheredey>. Доступ 20.09.2022.

⁴ Annual Review 2021. IATA. [Электронный ресурс]: <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2021.pdf>. Доступ 20.09.2022.

Таблица 1

Оценка сезонной компоненты среднемесячных цен России 2020 года по аддитивной модели [выполнено авторами]

Оценка	1	2	3	4
1	–	-293,77	-915,10	910,77
2	670,26	-829,50	216,27	769,27
3	121,6	-124,01	–	–
Скорректированное значение сезонной составляющей	278,19	-533,44	-467,06	722,31

лета – 4279 руб. (рис. 1). В 2022 году, по данным государственной статистики, прирост цен на авиабилеты может превысить максимума с 2000 года. Так, средняя стоимость внутреннего авиаперелёта выросла на 8–9 % в марте и на 16 % в апреле 2022 года и приблизилась к 6000 руб.⁵ Тенденция роста цен на авиаперевозки до конца 2022 года, по всей видимости, сохранится, что связано с множеством факторов и, в первую очередь, с нарастанием системных проблем национальной и мировой авиаотрасли.

Динамика цен авиабилетов в долларовом пересчёте имеет другие особенности (рис. 1). Различие направлений роста и снижения ценовых динамик в национальной и мировой валютах наблюдалось в период 2013–2017 гг. Анализ ценовых динамик авиабилетов в долларовом эквиваленте так же важен, как и в национальной валюте, так как 80 % воздушных судов российских авиакомпаний – это ино-

странная лизинговая техника с ежемесячными валютными платежами не менее 1 % от стоимости самолёта. При повышении валютного курса лизинговые издержки, затраты на авиационный керосин, текущие затраты на наземное обслуживание воздушных судов, если это международные рейсы, авиакомпаний соответственно растут, что неизбежно отражается на ценах на авиабилеты. Другая причина необходимости анализа динамики цен авиабилетов в мировых конвертируемых валютах связана с тем, что все авиакомпании загружают тарифы в евро или долларах в специализированную глобальную дистрибутивную систему, предназначенную для поиска, бронирования и продажи авиауслуг. И ещё важный момент: ситуация с официальными курсами мировых валют сегодня имеет неоднозначный характер.

При исследовании структуры динамики в первую очередь была выделена и проанализирована сезонная составная часть динамики цен на авиабилеты. Декомпозиция временных рядов среднегодовых и среднемесячных цен на авиабилеты позволила рассчитать сезонную компоненту. Выделение сезонных ком-

⁵ Авиаперевозка пассажиров в России – итоги 2021 года. AviaStat – Аналитическое агентство «АвиаСтат». [Электронный ресурс]: <https://www.aviastat.ru/statistics/123-aviaperevozka-passazhirov-v-rossii-itogi-2021-goda>. Доступ 15.09.2022.

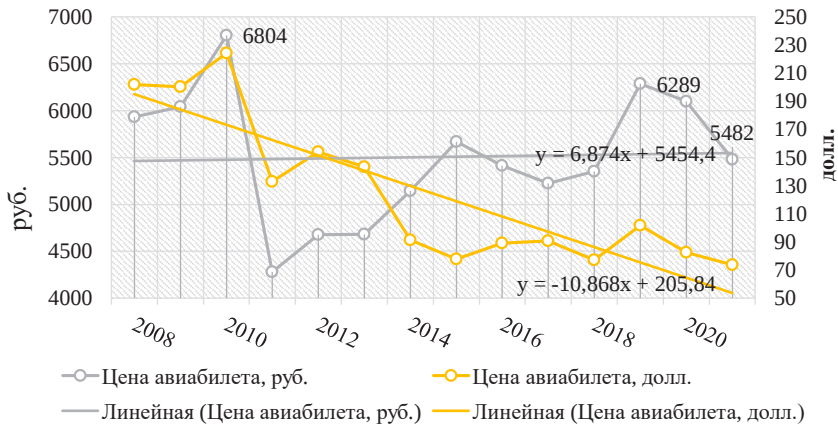


Рис. 1. Динамика средних цен на авиабилеты в России. ЕМИСС [разработано авторами по данным Росстат]. [Электронный ресурс]: <https://fedstat.ru>. Доступ 15.09.2022.



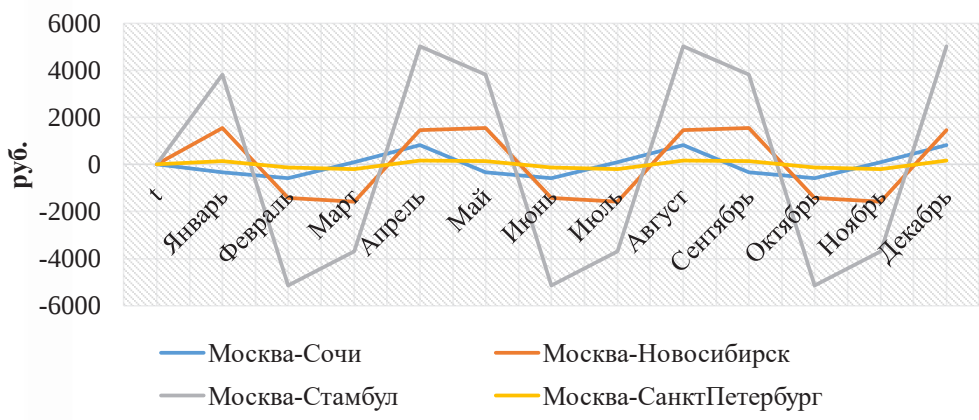


Рис. 2. Сезонная составляющая аддитивной модели среднегодовой ценовой динамики авиабилетов [разработано авторами].

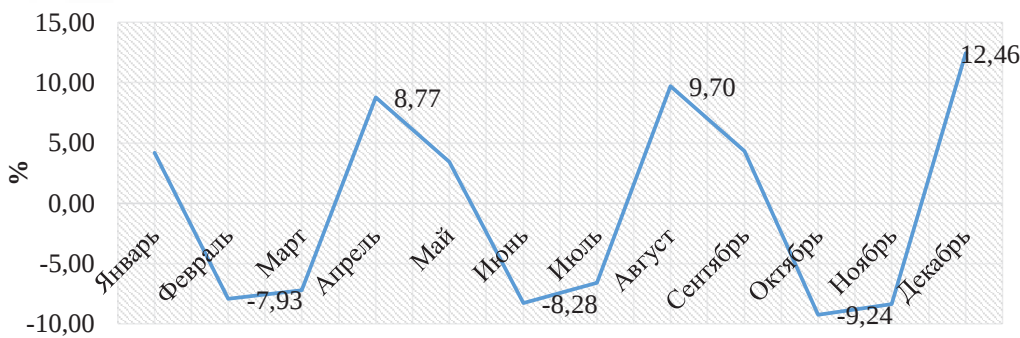


Рис. 3. Амплитуда сезонных колебаний ценовой среднemesячной динамики [разработано авторами].

понент проводилось по среднemesячной динамике цен в России за 2020 год и 2021 год (рис. 2, табл. 1). Также анализ сезонности проводился по среднemesячным ценам по популярным направлениям внутренних авиамаршрутов из Москвы: Казань, Калининград, Новосибирск, Санкт-Петербург, Сочи. Для международных авиамаршрутов выбраны направления в Стамбул, Париж, Ереван. Первоначальная автокорреляция среднemesячных ценовых рядов с лагом 4 показала, что в рядах

имеются незначительные тренды и периодические колебания (сезонность) с периодом, равным 4. Расчёт сезонной компоненты динамики цен проводился также по аддитивным и мультипликативным моделям (табл. 1 и 2, рис. 4).

Диапазон сезонных изменений цен на авиабилеты находится в коридоре -8,5 % до +12,5 % (рис. 3).

Для прогнозирования сезонной динамики цен авиабилетов, то есть для краткосрочного

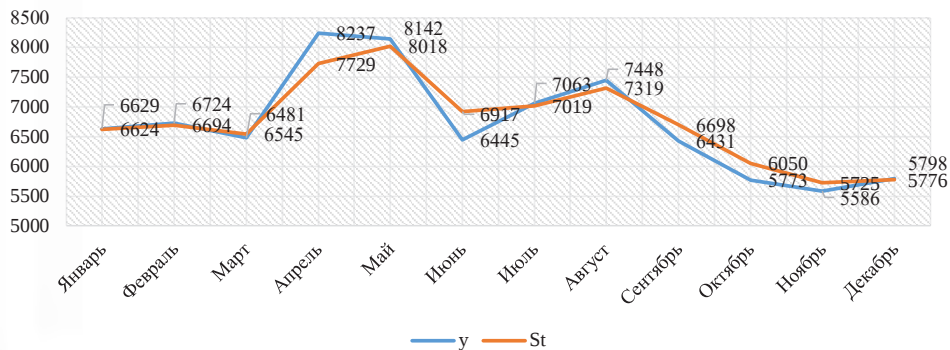


Рис. 4. Адаптивная модель прогнозирования сезонной компоненты ценовой динамики [разработано авторами].



Рис. 5. Адаптивная модель прогнозирования ценовой динамики методом Брауна [разработано авторами].

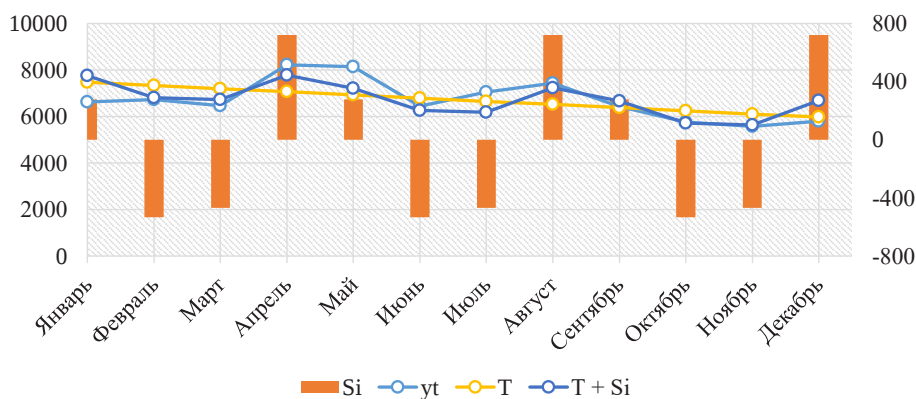


Рис. 6. Аддитивная модель среднемесячной динамики в среднем для России цен авиабилета [разработано авторами].

Таблица 2

Структура динамики цен авиабилетов России 2020 год [выполнено авторами]

Период	Фактическое значение, у	Сезонная компонента, Si	Разница фактического значения и сезонной компоненты, yt	Трендовая компонента, T	Трендовая и сезонная компоненты, T + Si	Случайная
Январь	6629	278,2	6350,8	7480,3	7758,5	-1129,5
Февраль	6724	-533,4	7257,4	7343,8	6810,4	-86,4
Март	6481	-467,1	6948,1	7207,4	6740,3	-259,3
Апрель	8237	722,3	7514,7	7070,9	7793,2	443,8
Май	8142	278,2	7863,8	6934,4	7212,6	929,4
Июнь	6445	-533,4	6978,4	6798,0	6264,5	180,5
Июль	7063	-467,1	7530,1	6661,5	6194,5	868,5
Август	7448	722,3	6725,7	6525,1	7247,4	200,6
Сентябрь	6431	278,2	6152,8	6388,6	6666,8	-235,8
Октябрь	5773	-533,4	6306,4	6252,1	5718,7	54,3
Ноябрь	5586	-467,1	6053,1	6115,7	5648,6	-62,6
Декабрь	5798	722,3	5075,7	5979,2	6701,5	-903,5



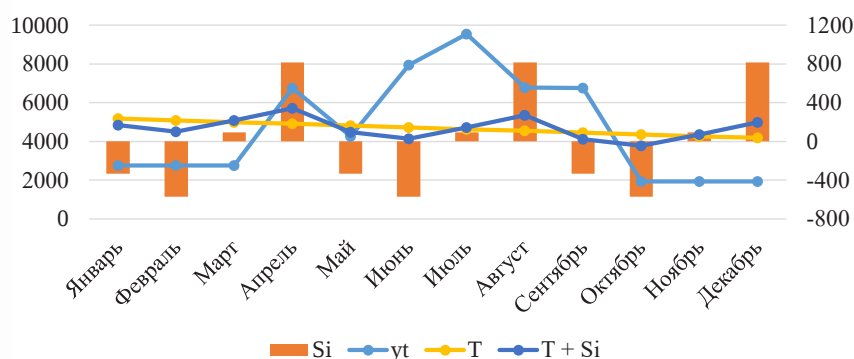


Рис. 7. Аддитивная модель среднемесячной динамики цен авиабилета Москва–Сочи [разработано авторами].

прогнозирования, самыми востребованными и достаточно точными даже в условиях высокой изменчивости могут стать самонастраивающиеся адаптивные модели, которые построены на разных вариантах сглаживания на основе скользящей средней, в которой веса подчиняются экспоненциальному распределению уровней ряда с дискретными сдвигами (рис. 4). Для адаптивной модели ценового прогнозирования сезонного колебания цен рассчитывается отклонение прогнозного значения от фактического для каждого месяца, которое необходимо для корректировки моделируемого параметра временного ряда [12–14].

Проведены разработки адаптивных моделей и для других компонент временного ряда цен авиабилетов. Разработанные адаптивные модели ценовой среднегодовой динамики авиабилетов методом Брауна не имеют приемлемой точности и не могут давать точных прогнозов (рис. 5), поскольку на трендовые и циклические колебания действует большое количество разных факторов, ослабляющих или усиливающих влияние в разные периоды [15]. Соответственно

уровень, вариация, скорость роста, дисперсия и другие характеристики ценовой динамики непостоянны, и, следовательно, невозможно настроить модель на многочисленные факторы.

Разработанные аддитивные модели среднемесячных цен подтвердили наличие в динамике цен тренда и сезонной компоненты (рис. 6, 7 и табл. 2), а также показали приемлемый уровень точности, что важно для целей прогнозирования цен.

Рассчитанная автокорреляционная функция динамики среднемесячных цен показала, что временной ряд цен на авиабилеты содержит тенденцию на большей части временного ряда, близкого к линейной аппроксимации (рис. 8). Рассчитанные регрессионные коэффициенты для динамики с 2008 по 2022 годы имеют положительные (2014–2021 годы) и отрицательные значения (2008–2014 годы), что показывает разнонаправленные тенденции динамических рядов. Для уточнения и детализации трендовой составляющей динамики цен временные ряды проверялись автокорреляцией. При достаточно высокой амплитуде колебания цен авиабилетов можно

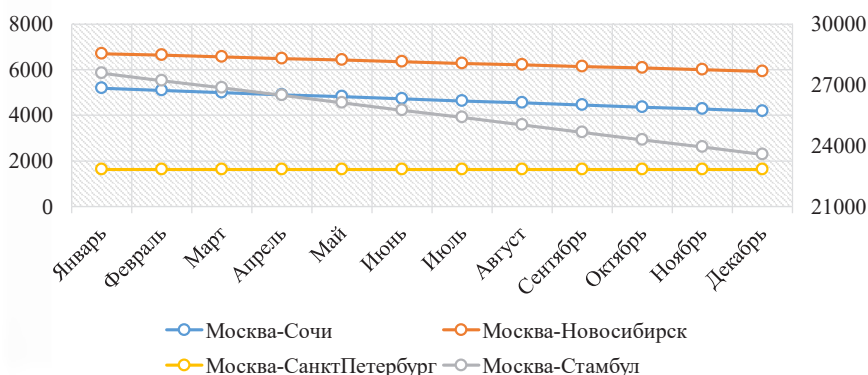


Рис. 8. Тренд аддитивной модели среднегодовой ценовой динамики авиабилетов 2022 год [разработано авторами].

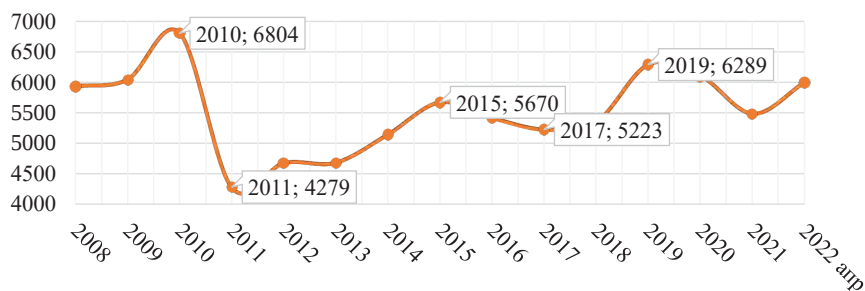


Рис. 9. Цикличность в динамике цен на авиабилеты [разработано авторами].

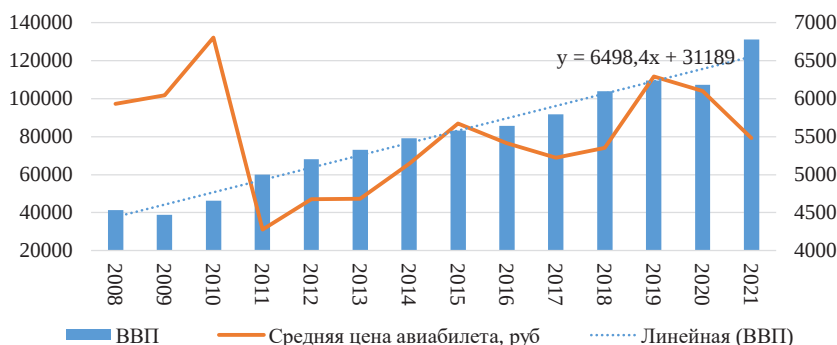


Рис. 10. Динамика ВВП и средних цен на авиабилеты в России [разработано авторами по данным Росстат]. Доклад «Социально-экономическое положение России». [Электронный ресурс]: <https://gks.ru>. Доступ 20.09.2022.

рассчитать линейную и нелинейную регрессии тренда динамики цен на авиабилеты в рублёвом и долларовом измерении, которые показали различие трендов рублёвых и долларовых колебаний цен, о чём упоминалось ранее.

Кроме трендовых и сезонных компонент в динамике цен выделяют и другие циклические колебания, моделирование которых проводилось на основе регрессионного анализа. Циклические изменения динамики цен

на авиабилеты, выявленные с 2008 г. по настоящее время, не имеют устойчивого характера, поскольку длительный период времени плановой экономики цена гражданской перевозки устанавливалась без учёта макроэкономических и микроэкономических закономерностей, а также под действием глобальных перемен политического и экономического развития. С 2007–2008 гг. выделено несколько среднесрочных циклов продолжительностью 4–6 лет (рис. 9). Первый цикл выделен

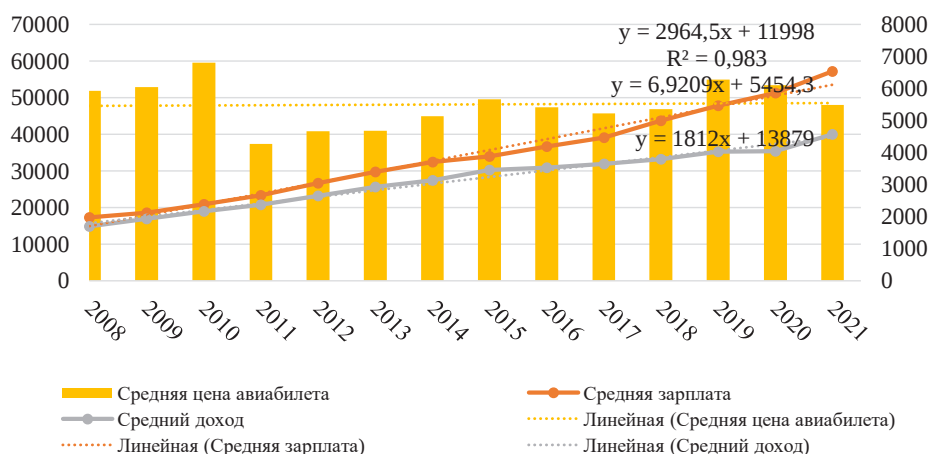


Рис. 11. Динамика средних цен на авиабилеты, средней заработной платы и доходов населения в России, ЕМИСС [разработано авторами по данным Росстат]. [Электронный ресурс]: <https://fedstat.ru>. Доступ 15.09.2022.



Корреляционная матрица временных рядов [выполнено авторами]

Коэффициент корреляции	Значение коэффициента	Оценка коэффициента
Коэффициент корреляции средняя цена авиабилета/средняя зарплата	0,734	Прямая, сильная
Коэффициент корреляции средняя цена авиабилета/средний доход	0,525	Прямая, умеренная
Коэффициент корреляции средняя цена авиабилета/ВВП	0,643	Прямая, умеренная
Коэффициент корреляции пассажиропоток/средний доход	0,838	Прямая, сильная
Коэффициент корреляции пассажиропоток/ВВП	0,840	Прямая, сильная
Коэффициент корреляции средняя цена авиабилета/пассажиропоток	-0,529	Обратная, умеренная

в неполном объёме по анализируемым данным с началом в точке минимума в 2008 году и закончился к 2011 году с рекордным падением цен с 2000 года. Второй (2011–2017 гг.) и третий (2017–2021 гг.) циклы – полные и имеют длительность 4–5 лет. В настоящее время движение цен показывает начало нового цикла. Анализируя периоды циклов в динамике цен на авиаперевозки, можно установить во многом совпадение с общеэкономическими среднесрочными циклами, но тем не менее временные лаги запаздывания или отставания темпов роста и снижения присутствуют.

Периодические колебания и тенденции динамики цен на авиабилеты вызываются разными факторами. На циклические процессы в авиаотрасли оказывает влияние усиление или ослабление конкуренции. На краткосрочные движения цен сезонного характера влияют сбалансированность спроса населения и предложения авиакомпаний [9; 11; 13]. Анализ динамик ВВП и цен на авиаперевозки показал однонаправленное изменение цен и наличие трендов во временных рядах цен на авиабилеты, динамики стоимостного объёма ВВП, близких по параметрам. Так, длительный возрастающий тренд с 2011 года по настоящее время присутствует во временных рядах данных ВВП и цен на авиабилеты. Некоторые отличительные особенности по сравнению с динамикой ВВП отмечены в изменениях цен на авиабилеты (рис. 10). Так, в период с 2009 года по 2011 год наблюдался рост ВВП, а в динамике цен на авиабилеты – снижение после роста 2008–2010 гг., что искажает трендовую динамику цен, и, соответственно, не позволяет рассчитать уравнения линейной регрессии за весь пятнадцатилетний период. Коэффициенты эластичности уравнений регрессий временных рядов цен авиабилетов и стоимостного объёма ВВП,

показывающие средние изменения результативного признака при изменении факторного признака на 1 %, имеют близкие значения (0,45–0,58).

Также наблюдается схожая направленность тенденций в динамике цен на авиабилеты, среднего дохода и средней заработной платы (рис. 11).

Корреляционный анализ, проведённый по уровням временных рядов анализируемых показателей, показал достаточные значения (табл. 3). Проверка на присутствие ложной корреляции исследуемых показателей расчётом коинтеграции подтвердила истинность причинно-следственной зависимости между ними.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты исследования ценовой динамики авиаперевозок за длительный период показывают сложную структуру с трендом и периодическими компонентами (сезонная и циклическая).

При моделировании ценовой динамики по комбинированному временному ряду требуется учитывать и совмещать в прогнозе все компоненты временного ряда.

Рассчитанные регрессионные коэффициенты для динамики с 2008 по 2022 гг. имеют положительные (2014–2021 гг.) и отрицательные значения (2008–2014 гг.), что показывает присутствие разнонаправленных тенденций в уровнях ряда.

Сезонные колебания цен на авиабилеты меняются значительно: от минус 8,5 % до плюс 12,5 %.

Циклические изменения динамики цен на авиабилеты, выявленные с 2008 года по настоящее время, не имеют устойчивого характера. Длительный период времени плановой экономики цена гражданской перевозки устанавливалась без учёта макроэкономиче-

ских и микроэкономических закономерностей. На цикличность процессов в авиаотрасли сильное влияние оказывает глобальная трансформация политического и экономического развития. С 2007–2008 гг. выделено несколько среднесрочных циклов продолжительностью 4–6 лет. В настоящее время идёт четвёртая фаза (рецессия) нового цикла.

Для сезонной компоненты среднемесячных цен наиболее достоверной может стать адаптивная модель. Аддитивные и мультипликативные модели помогут спрогнозировать среднегодовые цены авиаперевозок.

В дальнейших планах исследования планируется разработка модели ARIMA с помощью аналитической платформы Форсайт, языка программирования Python и в программе Statistica.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Alves, U., Caetano, M. Analysis of ticket price in the airline industry from the perspective of operating costs, supply and demand. *Aviation in Focus*, 2016, Vol. 7, No. 2, pp. 21–28. DOI: 10.15448/2179-703x.2016.2.23185 [ограниченный доступ].

2. Стратегическое партнёрство стран ЕАЭС в условиях поляризации интересов геоэкономических регионов: Сб. статей / Дипломатическая академия Министерства иностранных дел Российской Федерации; составитель и редактор А. Г. Рыбинцев – М.: Сам полиграфист, 2020. – 426 с. ISBN 978-5-00166-223-5.

3. Dalalah, D., Khasawneh, M., Khan, S. Pricing and demand management of air tickets using a multiplicative newsvendor model. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 2022, Vol. 21, pp. 517–528. DOI: 10.1057/s41272-021-00368-1.

4. Dalalah, D., Ojiako, U., Chipulu, M. Voluntary overbooking in commercial airline reservations. *Journal of Air Transport Management*, 2020, Vol. 86, p. 101835. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101835.

5. Харакоз Ю. К. Особенности формирования политики ценообразования в сфере гражданской авиации // *Экономика и предпринимательство*. – 2021. – № 12 (137). – С. 1112–1115. DOI: 10.34925/EIP.2021.137.12.218 [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=27783> [платный доступ].

6. Зыкова В. Е. Формирование системы трансфертных цен между участниками вертикально-

интегрированной компании // *Экономические отношения*. – 2019. – Т. 9. – № 1. – С. 405–414. DOI: 10.18334/eo.9.1.40472.

7. Фридлянд А. А., Кузьмин А. В. Анализ динамики себестоимости и тарифов на авиатранспортном рынке России // *Научный вестник ГосНИИ ГА*. – 2019. – № 27. – С. 75–85. [Электронный ресурс]: <http://gosniiga.ru/wp-content/uploads/2019/08/Nauchnyj-vestnik-GosNII-GA-27.pdf>. Доступ 28.10.2022.

8. Никитин С. Д., Милошенко О. А. Специфика ценообразования услуг внутренних авиаперевозок в России. В сб.: *Актуальные тренды в экономике и финансах // Материалы межвузовской науч.-практ. конференции магистрантов* / Под ред. В. А. Ковалева, А. И. Ковалева. – 2019. – С. 89–93. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42527847&ysclid=ld0468ojoh472992477>. Доступ 28.10.2022.

9. Сафрончук М. В., Викулова Д. А. Ценовая дискриминация и методы ценообразования на рынке пассажирских авиаперевозок // *Экономика и управление: проблемы, решения*. – 2019. – Т. 9. – № 1. – С. 4–9. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38583803&ysclid=ld047pjrcg652494765>. Доступ 28.10.2022.

10. Ловяникова В. В., Фролова А. П. Современные тенденции ценообразования на рынке авиауслуг // *Экономика и социум*. – 2015. – № 6–4 (19). – С. 112–114. [Электронный ресурс]: <https://readera.org/sovremennyye-tendencii-cenoobrazovaniya-na-rynke-aviauslug-140115613>. Доступ 28.10.2022.

11. Смирнов О. А., Харитонов С. В. Концепция архитектуры информационно-системы мониторинга цен на авиабилеты // *Прикладная информатика*. – 2014. – № 5 (53). – С. 135–142. [Электронный ресурс]: <https://avidreaders.ru/read-book/koncepciya-arhitektury-informacionnoy-sistemy-monitoringa-cen.html?ysclid=ld04cyqnzs224924371> [платный доступ].

12. Харитонов С. В., Дик В. В. Применение задач линейного программирования при управлении стоимостью компании // *Прикладная информатика*. – 2013. – № 3 (45). – С. 122–126. [Электронный ресурс]: <http://www.appliedinformatics.ru/general/upload/articles/p122-126-renamed.pdf>. Доступ 28.10.2022.

13. Makarova, I. O., Popov, V. I., Efimova, T. V. Analyse des prix et qualite des aliments // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2022. – № 7–3 (70). – С. 72–74. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-7-3-72-74.

14. Липатова И. Ю. Экономико-математический анализ индекса цен в России // *Вестник современных исследований*. – 2017. – № 5–1 (8). – С. 235–237. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29345339>. Доступ 28.10.2022.

15. Singh, T., Kumari, M. Role of text pre-processing in twitter sentiment analysis. *Procedia Computer Science*, 2016, Vol. 89, pp. 549–554. DOI: 10.1016/j.procs.2016.06.095. ●

Информация об авторах:

Сушко Ольга Петровна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления на воздушном транспорте Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), Москва, Россия, o.sushko@mstuca.aero.

Корягин Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики и управления на воздушном транспорте Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), Москва, Россия, n.koryagin@mstuca.aero.

Статья поступила в редакцию 14.10.2022, одобрена после рецензирования 25.10.2022, принята к публикации 01.11.2022.





ЮБИЛЕЙ ДВГУПС

12 октября 2022 года прошли торжественные мероприятия, приуроченные к 85-летию Дальневосточного государственного университета путей сообщения.

За долгие годы своего становления и развития один из старейших региональных вузов, основанный с целью подготовки инженерно-технических кадров для железных дорог Дальнего Востока и Сибири, – Дальневосточный государственный университет путей сообщения прошёл путь от скромного ведомственного учебного заведения до крупного учебно-научного центра. Сегодня университет вносит значимый вклад в развитие нашей страны и решает государственные задачи по кадровому и научному сопровождению развития Восточного транспортного полигона России.

Институт инженеров железнодорожного транспорта в Хабаровске основан приказом НКПС № 232/Ц от 8 сентября 1937 г., изданным в соответствии с решением ЦК ВКП(б) и СНК СССР от 17 августа 1937 г. В нём, в частности, говорилось: «В целях подготовки постоянных инженерно-технических кадров для дорог Дальнего Востока, особенно для молодёжи коренного населения Дальнего Востока, организовать в Хабаровске институт инженеров железнодорожного транспорта по специальностям: движение и грузовая работа; паровозное хозяйство; постройка железных дорог и путевое хозяйство с общим контингентом студентов 1500 человек... Приступить к подготовительным работам по строительству института в городе Хабаровске с 1 октября 1937 года с тем, чтобы к 1 сентября 1939 года обеспечить начало занятий 1 курса с приёмом 300 человек. Полное окончание строительства установить 1 сентября 1940 года...».

1 сентября 1939 г. начались учебные занятия. Преподаватели трёх факультетов: механического,

эксплуатации и строительства железных дорог, – обучали 106 студентов. Из-за отсутствия своего помещения студентов направили в Томский и Новосибирский институты инженеров железнодорожного транспорта. Второй учебный год начался в сентябре 1940 г. уже в своём помещении (обучалось 310 студентов 1-го и 2-го курсов).

За первые пять лет существования вуза было создано 9 лабораторий и 14 кабинетов. Необходимым оборудованием они оснащались с помощью предприятий и служб Дальневосточной железной дороги.

В марте 1942 г. образовано вечернее отделение с подготовкой инженеров по профилю института.

В 1993 г. ХабиИЖТ становится Дальневосточной государственной академией путей сообщения (ДВГАПС).

В 1997 г. ДВГАПС присвоен наивысший вузовский статус – университета. Вуз стал именоваться Дальневосточным государственным университетом путей сообщения (ДВГУПС).

В ходе торжественных мероприятий в октябре 2022 года для гостей ДВГУПС, в числе которых были: помощник Президента Российской Федерации Игорь Евгеньевич Левитин и руководители железнодорожных вузов страны, была подготовлена насыщенная праздничная программа, которая включала официальные и культурно-развлекательные мероприятия.

В рамках торжественных мероприятий состоялось открытие мемориальной информационной доски первому министру путей сообщения России и выпускнику ДВГУПС Геннадию Матвеевичу Фадееву.

По материалам сайтов ДВГУПС и РУТ (МИИТ) ●



ДТП В АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ ЯКУТИИ 66

Выводы по итогам первого исследования данного вопроса. Преобладающие причины ДТП и выявленные закономерности.



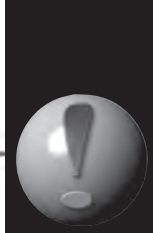
ГОСПИТАЛЬНЫЕ СУДА 76

Международно-правовой режим судов-госпиталей: понятия, практика, ответственность.



БЕЗОПАСНОСТЬ, УСТОЙЧИВОСТЬ, ЭКОЛОГИЯ



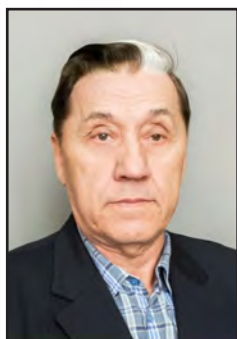


НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 656.13:656.084(571.56–25)

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-8>

Состояние безопасности дорожного движения в Арктической зоне Российской Федерации



Александр ИШКОВ



Анна ИВАНОВА



Анатолий БОЯРШИНОВ



Надежда ФИЛИПОВА

*Александр Михайлович Ишков¹, Анна Егоровна Иванова²,
Анатолий Леонидович Бояршинов³, Надежда Анатольевна Филиппова⁴*

^{1, 2, 3, 4} Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова, Якутск, Россия.

¹ Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук Якутск, Россия.

² Академия наук Республики Саха (Якутия), Якутск, Россия.

⁴ Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет, Москва, Россия.

✉ ⁴ imen@bk.ru.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос по безопасности дорожного движения в Арктической зоне Российской Федерации.

Впервые проведён анализ дорожно-транспортных происшествий, произошедших на территории Арктической зоны Республики Саха (Якутия) за последние десять лет. Проанализировано общее количество ДТП, ДТП по вине пешеходов, ДТП из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог, ДТП с участием детей до 16 лет, ДТП с участием водителей с признаками опьянения и ДТП, допущенных водителями без права на управление транспортными средствами.

На основе полученных данных был предложен коэффициент «К», который характеризует состояние безопасности дорожного движения в Арктических районах по сравнению

с безопасностью движения в целом по Республике Саха (Якутия).

Проведённый анализ статистики ДТП показал, что большое количество ДТП происходит по вине водителей без прав на управление транспортными средствами. Также были выявлены районы с наиболее высоким и низким количеством произошедших ДТП по перечисленным выше видам.

Несмотря на огромную территорию и небольшое число жителей, а, соответственно, и низкую плотность населения, количество ДТП в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) увеличивается с каждым годом, что диктует целесообразность проведения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения.

Ключевые слова: Арктическая зона, безопасность дорожного движения, дорожно-транспортное происшествие, автомобильное транспортное средство, дорожная составляющая, сезонные дороги.

Для цитирования: 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. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-8>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Арктическая зона Республики Саха (Якутия) (РС (Я)) включает районы (улусы), большинство из которых находятся к северу от Полярного круга. В её состав входят 13 административных единиц – Абыйский, Аллаиховский, Анабарский, Булунский, Верхоянский, Жиганский, Момский, Нижнеколымский, Оленёкский, Среднеколымский, Усть-Янский, Эвено-Бытантайский районы, она является самой многочисленной зоной по количеству районов¹. Площадь, занимаемая Арктической зоной, составляет около 1 583 000 квадратных километров, что составляет 50 % территории Республики Саха (Якутия), в ней преобладает сельское население. Следует отметить, что до 2020 года Арктическая зона РС (Я) состояла всего из пяти административных единиц.

В табл. 1 приведены данные по территории, населению и дорожной сети Арктической зоны РС (Я).

Из данных, изложенных в табл. 1, следует, что вышеперечисленные районы сильно отличаются по территории, населению и протяжённости дорог. В среднем по Арктической зоне РС (Я) порядка 93 % занимают сезонные дороги.

¹ Указ Главы Республики Саха (Якутия) от 29.04.2022 г. № 2424 «О схеме и программе развития электроэнергетики Республики Саха (Якутия) на 2022–2026 годы». [Электронный ресурс]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400202205040007>. Доступ 24.10.2022.

Если средняя плотность населения для Арктической зоны РС (Я) составляет 0,04 чел/км², то для каждого района эти показатели отличаются (Абыйский – 0,06 чел/км², Аллаиховский – 0,03 чел/км², Анабарский – 0,07 чел/км², Булунский – 0,04 чел/км², Верхнеколымский – 0,1 чел/км², Верхоянский – 0,08 чел/км², Жиганский – 0,03 чел/км², Момский – 0,04 чел/км², Нижнеколымский – 0,05 чел/км², Оленёкский – 0,01 чел/км², Среднеколымский – 0,06 чел/км², Усть-Янский – 0,06 чел/км², Эвено-Бытантайский – 0,05 чел/км²).

Из-за низкой плотности населения и огромной территории вопросу о состоянии безопасности дорожного движения не уделялось должного внимания.

Поэтому *цель* исследования, результаты которого изложены в настоящей статье, состояла в анализе дорожно-транспортных происшествий (далее ДТП), произошедших на территории Арктической зоны РС (Я) за последние десять лет.

- Проанализированы следующие данные:
- общее количество ДТП;
 - ДТП по вине пешеходов;
 - ДТП из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог;
 - ДТП с участием детей до 16 лет;
 - ДТП с участием водителей с признаками опьянения;
 - ДТП, допущенные водителями без права на управление транспортными средствами.

Таблица 1
Информация по дорожной составляющей Арктических районов РС (Я)²
[составлено авторами]

№ п/п	Номер района	Территория, км ²	Население, чел	Длина дорог, км			Сезонные дороги, км	
				общая	региональные	местные	общая	ледовые
1	1	69 400	3 979	811,13	810,63	0,5	807,03	516,9
2	2	107 300	2 723	1060,2	219,12	841,1	1060,2	577,16
3	3	55 600	3 614	315,42	315,42	10	7,22	308,2
4	4	223 600	8 406	2164	213,23	1951	2155,92	1812,19
5	5	42 000	4 026	449,75	354,75	95	389,11	11,71
6	6	137 400	11 155	1965,76	1114,96	850,8	1766,27	471,77
7	7	140 200	4 187	389,68	295,68	94	383,65	0,67
8	8	104 600	3 933	1147,05	667,05	480	1126,03	242,96
9	9	87 100	4 311	642,29	519,79	122,5	634,79	449,23
10	10	318 000	4 154	1128,65	678,65	450	1128,65	364,47
11	11	125 200	7 449	1132,24	712,24	420	1114,34	172,73
12	12	120 300	7 015	1649,04	1136,54	512,5	1419,53	625,79
13	13	52 300	2 839	472,75	88,75	384	449,09	388,15
	Итого	1 583 000	67 791	13 327,96	7 126,91	6 211,4	12 441,83	5 941,93

Примечание: 1 – Абыйский район, 2 – Аллаиховский район, 3 – Анабарский район, 4 – Булунский район, 5 – Верхнеколымский район, 6 – Верхоянский район, 7 – Жиганский район, 8 – Момский район, 9 – Нижнеколымский район, 10 – Оленёкский район, 11 – Среднеколымский район, 12 – Усть-Янский район, 13 – Эвено-Бытантайский район.

² Официальный информационный портал Республики Саха (Якутия). [Электронный ресурс]: <https://www.sakha.gov.ru/o-respublike-saha-kutiya-atu>. Доступ 24.10.2022.





Таблица 2

ДТП в Арктических районах РС (Я)³ [составлено авторами]

№ п/п	Номер района	2011			2012			2013			2014			2015			2016			2017			2018			2019			2020			2021			Итого		
		п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р	п	дтп	р			
1	1	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	1	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	1	4		
3	3	2	0	2	1	0	1	0	1	0	1	3	0	3	2	0	4	1	0	2	2	0	2	0	0	6	0	8	2	0	3	0	0	20	0	26	
4	4	3	1	6	4	0	5	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	12	4	15	
5	5	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	4	0	4	1	0	1	2	1	1	0	0	0	2	0	2	1	0	1	2	0	2	1	0	15	3	14
6	6	4	1	9	6	1	7	4	0	5	6	2	8	7	1	6	4	1	7	2	0	2	4	1	4	5	1	4	1	0	1	0	1	45	8	54	
7	7	0	0	0	3	0	3	1	0	2	2	0	3	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	10	0	12
8	8	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	2	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0	10	1	11	
9	9	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3	
10	10	2	0	3	5	0	9	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	2	0	2	3	0	4	2	1	3	0	0	18	3	22	
11	11	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	1	0	1	1	0	2	0	2	1	0	1	0	1	0	0	1	10	1	9	
12	12	4	0	6	5	0	5	2	0	2	2	0	2	3	0	4	1	0	1	4	4	5	5	1	4	1	0	1	0	1	0	4	0	0	28	5	34
13	13	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
Итого	19	3	31	28	2	35	11	2	13	24	4	29	19	1	21	14	4	14	12	5	12	20	2	19	20	1	23	10	1	14	6	2	4	183	27	215	

³ Официальный сайт Министерства внутренних дел РФ. [Электронный ресурс]: <http://stat.gibdd.ru>. Доступ 24.10.2022.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Количество автотранспортных средств по Арктическим районам на 2021 год составило 5003 легковых, 3184 грузовых, 207 автобусов и 67 мотоциклов². Учитывая количество населения, проживающего на данной территории (67 791 чел.), и общее количество транспортных средств, можно сделать вывод о малом количестве автомобилистов. Транспортными средствами владеют всего лишь 8 % населения. И, несмотря на это, дорожно-транспортные происшествия всё равно происходят. Подробные данные представлены в табл. 2.

В табл. 2 приведены сведения об аварийности в Арктической зоне РС (Я). Из неё видно, что общее количество ДТП за период наблюдений составило 183 случая, при этом погибло 27 человек и ранено 215 человек. Наиболее аварийным оказался 2012 год (28 ДТП). Резкое увеличение количества ДТП можно заметить с 2018 года, но в 2020 году в связи с введением ограничительных мер по перемещению вследствие пандемии количество ДТП снизилось вдвое. По результатам проведённого анализа по количеству ДТП в Арктических районах РС (Я) за период с 2011 по 2021 год видно, что наибольшее количество ДТП произошло в Верхоянском районе (45 ДТП, 8 погибло, 54 ранено), а минимальное – в Нижнеколымском и Эвено-Бытантайском районах (по два ДТП).

Стоит отметить, что табл. 2 составлена по официально зафиксированному ДТП. Реальная картина может оказаться совсем другой, так как многие участники ДТП решают их не фиксировать, договариваясь о решении проблемы самостоятельно.

По данным таблиц 1 и 2 видно, что чем выше количество населения, тем чаще происходят ДТП. В Верхоянском районе происходит самое большое количество ДТП и живёт самое большое количество населения. Наиболее низкие показатели в Нижнеколымском районе, где на 4 311 человек за десять лет произошло всего два ДТП.

В Абыйском районе проживают 6 % населения Арктической зоны РС (Я), и за последние десять лет на её территории произошло 4 % от общего количества ДТП, произошедших в Арктической зоне РС (Я). В Аллаиховском районе проживают 4 % населения, произошло 2 % ДТП. В Анабарском районе проживают 5 % населения, произошло 11 % ДТП. В Булунском районе проживают 12 % населения, произошло 7 % ДТП. В Верхнеколымском районе проживают

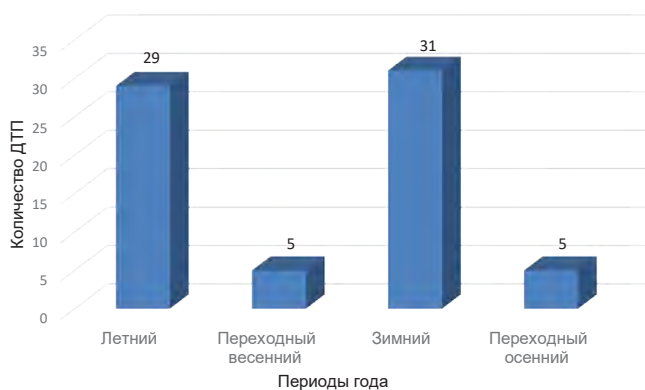


Рис. 1. Число ДТП в зависимости от температуры окружающей среды [выполнено авторами].

6 % населения, произошло 8 % ДТП. В Верхоянском районе проживают 16 % населения, произошло 25 % ДТП. В Жиганском районе проживают 6 % населения, произошло 5 % ДТП. В Момском районе проживают 6 % населения, произошло 5 % ДТП. В Нижнеколымском районе проживают 6 % населения, произошло 1 % ДТП. В Оленёкском районе проживают 6 % населения, произошло 10 % ДТП. В Среднеколымском районе проживают 11 % населения, произошло 5 % ДТП. В Усть-Янском районе проживают 10 % населения, произошло 15 % ДТП. В Эвено-Бытантайском районе проживают 4 % населения, произошло 1 % ДТП.

Снижение количества ДТП – непростая задача. Последние несколько лет демонстрируют только их увеличение. Это может быть связано со старением автопарка, водителей и неконтролируемым ростом автомобилизации населения. Несмотря на, казалось бы, небольшие показатели количества ДТП, произошедших на территории Арктической зоны РС (Я) за десять лет, нужно минимизировать их количество или в идеале свести к нулю.

Авторами статьи предложен коэффициент «К», который характеризует состояние безопасности дорожного движения в Арктических районах по сравнению с безопасностью движения в целом по Республике Саха (Якутия).

$$K = A / B, \quad (1)$$

где К – характеризующий коэффициент;

А – число дорожно-транспортных происшествий;

В – численность населения.

В результате расчёта получили:

K1 = 0,0026 – Арктические районы;

K2 = 0,0093 – Республика Саха (Якутия).

То есть коэффициент K1 меньше K2 в четыре раза, в то же время население Арктических

районов меньше населения Республики Саха (Якутия) в 14 раз. Из этого следует, что проблеме безопасности дорожного движения в Арктических районах необходимо уделять особое внимание.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Одной из приоритетных задач в развитии Арктического региона должно быть обеспечение безопасности дорожного движения [1–4]. В основном при постановке вопросов соблюдения безопасности дорожного движения внимание уделяют большим населённым пунктам, но в отдалённых, небольших поселениях ДТП всё равно происходят.

Более трети длины всех дорог Якутии расположены в Арктической зоне (13 327,96 км). Многие населённые пункты Арктической зоны РС (Я) отрезаны от основной дорожной сети большую часть года, то есть полностью отсутствует сухопутное сообщение в осенний, весенний и летний период.

На рис. 1 рассмотрено общее количество ДТП в зависимости от времени года. Если в обычном представлении каждый период года состоит из трёх месяцев, то для Арктической зоны РС (Я) применимо следующее деление:

- Летний период: май, июнь, июль, август;
- Зимний период: январь, февраль, март, октябрь, ноябрь, декабрь;
- Переходный период: апрель, сентябрь [5].

Из рис. 1 видно, что число ДТП, произошедших в летний период, примерно равно числу ДТП, произошедших в зимний период, но здесь надо учитывать, что летний период составляет всего четыре месяца, а зимний шесть. То есть наибольшее число ДТП приходится на летний период. В переходные периоды, в апреле и сентябре, количество ДТП одинаково низкое.





Таблица 3

ДТП по вине пешеходов [составлено авторами]³

№ п/п	Номер района	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Итого				
		дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	3	0	4	
4	4	1	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	5		
5	5	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2		
6	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	3	0	3	
7	7	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	4	0	4	
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	10	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	
11	11	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Итого		4	1	4	5	0	7	1	0	1	3	0	3	1	0	1	2	1	0	1	2	0	3	2	0	24	2	26

Таблица 4

ДТП из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог [составлено авторами]³

№ п/п	Номер района	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Итого					
		п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р		
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	2		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	3			
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1			
4	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0			
5	5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	4	0	4			
6	6	2	1	6	2	1	2	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	9	3	12			
7	7	0	0	0	2	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	6			
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3	1	2			
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1			
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	1			
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Итого		3	1	7	4	1	4	0	3	0	4	3	5	1	4	4	1	4	1	4	1	0	1	1	0	1	32	6	35

Многие автомобилисты в регионе предпочитают использовать транспортные средства в тёплое время года, а зимой их «замораживать». Эксплуатация транспортных средств зимой несёт в себе большие финансовые затраты. В разы увеличивается расход топлива, требуется дополнительное утепление двигателя и салона автомобиля, приобретение дополнительного комплекта зимних шин и замена масел [6; 7].

В табл. 3 показаны данные по ДТП, произошедшим по вине пешеходов. Основной причиной возникновения таких ДТП является переход дороги в неположенном месте.

При анализе табл. 3 видно, что по вине пешеходов совершается 13 % от общего числа всех ДТП, которые приводят к 7,4 % погибших и 12,1 % раненых от общего числа пострадавших в ДТП. Наибольшее количество ДТП, произошедших по вине пешеходов, было в 2012 году (пять ДТП), при которых пострадали семь человек. Следует отметить, что в Момском, Нижнеколымском и Эвено-Бытантайском районах таких ДТП не происходило.

Дорожные условия оказывают большое влияние на безопасность и в целом на эффективную работу автомобильного транспорта для обеспечения оперативной и надёжной доставки грузов в районы Крайнего Севера и Арктической зоны России [5; 8]. Вне зависимости от состояния самого водителя и его транспортного средства, ДТП могут возникать из-за неудовлетворительного состояния дорог и улиц. Учитывая отдалённость муниципальных образований, включённых в состав Арктических зон РС (Я), покрытие на дорогах и улицах там является грунтовым. Также большую часть дорожной сети составляют зимники (сезонные и ледовые), а исходя из особенностей природно-климатических условий, предугадать точное расположение и состояние зимников проблематично. В табл. 4 собраны сведения о количестве ДТП, произошедших из-за неудовлетворительного состояния дорог и улиц.

Как видно из табл. 4, 17,5 % ДТП совершается из-за плохого состояния проезжей части дорог, в этих ДТП погибло 22 % и ранено 15,3 % человек от общего числа пострадавших в ДТП. Наибольшее количество ДТП, произошедших из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог, было в 2016 году (пять ДТП), при которых было ранено четыре человека и погиб один человек. В Нижнеколымском, Среднеколымском и Эвено-Бытантайском районах таких ДТП не происходило. Также в 2013 году на территории

всех 13 районов не было зафиксировано ни одного ДТП, произошедшего из-за неудовлетворительного состояния дорог и улиц, а в 2020 и 2021 годах произошло всего по одному ДТП.

В табл. 5 приведены данные о ДТП с участием детей до 16 лет. В зоне риска находятся дети-пассажиры, дети-пешеходы, дети-водители механических транспортных средств, дети-велосипедисты, а также дети, которые могут попасть в ДТП по их собственной неосторожности. Чтобы избежать таких ДТП, необходимо обучать детей правилам дорожного движения. Очень часто многие родители пренебрегают простыми правилами по перевозке детей, такими как пристёгнутый ремень безопасности или использование специальных удерживающих устройств (автолюлька, автокресло, адаптер ремня безопасности и т.д.). Соблюдение этих простых правил помогло бы снизить количество летальных исходов или тяжесть последствий от ДТП.

Как видно из табл. 5, от общего числа ДТП 16,5 % произошло с участием детей, при этом погибло 7,4 % и ранено 15,3 % от общего числа пострадавших. Наибольшее количество ДТП, произошедших с участием детей до 16 лет, было в 2011 и 2014 годах (пять ДТП), при которых было ранено по пять человек, а в 2011 году погиб один человек. Минимальное количество, то есть отсутствие таких ДТП, зафиксировано в 2021 году. В Аллаховском, Нижнеколымском и Эвено-Бытантайском районах таких ДТП не происходило. Обеспечение нулевого детского травматизма является одной из самых актуальных задач социального развития российского общества [9; 10].

По статистике в России практически каждое двадцатое ДТП происходит по вине водителей, находившихся в состоянии опьянения. При этом тяжесть последствий таких происшествий значительно выше. Водители в состоянии опьянения перестают адекватно оценивать ситуацию и свои возможности и зачастую превышают скоростной режим, не соблюдают необходимую дистанцию между транспортными средствами, выезжают на встречную полосу. Данные по количеству ДТП с участием водителей с признаками опьянения представлены в табл. 6.

Из этой таблицы видно, что по вине водителей, находившихся в состоянии опьянения, произошло более 18 % ДТП, при этом погибло 18,5 % и ранено 18,6 % от общего числа пострадавших в ДТП. Наибольшее количество ДТП, произошедших с участием водителей с призна-





Таблица 5

ДТП с участием детей до 16 лет [составлено авторами]³

№ п/п	Номер района	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Итого				
		дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р			
1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	2	0	3	1	0	2	0	5	8		
4	4	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	4	1	4		
5	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	4	1	4		
6	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	5	0	5	
7	7	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
8	8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	10	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0		
11	11	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2		
12	12	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3		
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Итого	Итого	5	1	5	3	0	3	1	1	5	4	0	4	4	5	1	0	1	2	0	3	4	0	5	0	30	2	33

Таблица 6

ДТП с участием водителей с признаками опьянения [составлено авторами]³

№ п/п	Номер района	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Итого		
		дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	дтп	п	р	
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3	
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	4	
4	4	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4	
5	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5	
6	6	1	0	1	0	0	0	0	2	1	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
7	7	0	0	3	0	3	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
8	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	10	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	4	
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Итого	Итого	5	1	8	3	3	0	4	7	1	8	3	0	3	0	1	0	4	0	6	1	1	0	3	2	1
																									33	
																									5	
																									40	

ками опьянения, было в 2014 году (семь ДТП), при которых было ранено восемь и погиб один человек. Минимальное количество, то есть отсутствие таких ДТП, зафиксировано в 2016 году. В Аллаиховском, Нижнеколымском, Среднеколымском и Эвено-Бытантайском районах таких ДТП не происходило.

Из-за отсутствия надлежащего контроля со стороны органов исполнительной власти многие жители отдалённых населённых пунктов, чувствуя свою безнаказанность, решаются на управление транспортным средством без водительского удостоверения, что приводит к большой вероятности возникновения ДТП. В табл. 7 представлена статистика по количеству ДТП, допущенных водителями без права на управление транспортными средствами.

Из табл. 7 видно, что водителями, которые управляли автомобилем без права на управление транспортным средством, совершено 32,2 % ДТП от общего числа, при этом погибло 25,9 % и ранено 28,4 %. Наибольшее количество таких ДТП было в 2019 году (12 ДТП), при которых было ранено 14 человек и погиб один человек. Минимальное количество, то есть отсутствие таких ДТП, зафиксировано в 2011 и 2012 годах. В Нижнеколымском и Эвено-Бытантайском районах таких ДТП не происходило.

Анализ таблиц 2–7 показывает, что из числа происходящих по рассмотренным нами причинам ДТП наибольшее количество совершают водители без прав на управление транспортными средствами. В последние два года количество таких ДТП было невысоким, но возможно это объясняется введением ограничительных мер из-за пандемии коронавируса. Если по другим причинам возникновения ДТП годовой показатель их числа варьируется в пределах пяти, в редких случаях 6–7 случаев, то годовые показатели количества ДТП, связанных с данной причиной, достигали максимального значения 12 ДТП в 2019 году и 11 ДТП в 2015 году. За рассмотренный период с 2011 по 2021 год в Анабарском и Верхоянском районах произошло 12 и 14 таких ДТП. В этих же районах при ДТП было ранено наибольшее количество человек: 15 и 13 соответственно.

ОБСУЖДЕНИЕ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей статье рассмотрен вопрос о безопасности дорожного движения в Арктической зоне РС (Я). На основании статистических данных было проанализировано общее количество ДТП, произошедших на территории

Таблица 7

ДТП, допущенные водителями без права на управление транспортными средствами [составлено авторами]³

№ п/п	Номер района	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Итого		
		п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	п	дтп	
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	
3	3	0	0	0	0	0	1	2	0	2	0	0	1	0	1	0	0	5	0	7	2	0	3	0	12	
4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	
5	5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	7	
6	6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	0	3	2	0	2	3	1	3	1	2	0	0	0	14	
7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	10	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	4	
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	5	
12	12	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	2	0	1	0	4	2	1	0	0	0	0	0	7	
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Итого		0	0	0	0	2	0	2	7	1	6	11	0	11	7	1	6	5	0	8	7	2	6	12	1	59
																									7	
																									61	





Арктической зоны РС (Я) за период с 2011 по 2021 года, также следующие данные:

- общее количество ДТП;
- ДТП по вине пешеходов;
- ДТП из-за неудовлетворительного состояния улиц и дорог;
- ДТП с участием детей до 16 лет;
- ДТП с участием водителей с признаками опьянения;
- ДТП, допущенные водителями без права на управление транспортными средствами.

Подобный анализ именно для этой территории проведён впервые.

Можно заметить, что в некоторых районах республики количество ДТП является минимальным, либо равно нулю по различным причинам возникновения ДТП. Это может быть объяснено отличием по количеству населения, территории и протяжённости дорог в вышеперечисленных 13 районах, входящих в состав Арктической зоны. Например, по общему количеству ДТП максимальный показатель у Верхоянского района. Из перечисленных районов у него одно из максимальных значений по территории (137 400 км²), максимальное количество населения (11 155 чел.) и наибольшая протяжённость дорог (1965,76 км). Районы, в которых по какой-либо из причин возникновения ДТП, за все десять лет не зафиксировано ни одного ДТП, имеют численность населения чуть более двух тысяч человек.

Конфигурация сети автомобильных дорог существенно меняется в зависимости от времени года. В летний период функционируют лишь дороги с твёрдым покрытием и большая часть республики недоступна для автомобильного транспорта.

При помощи проанализированных данных можно дать рекомендации для повышения безопасности дорожного движения⁴. Основными факторами, которые влияют на аварийность, являются неподготовленность водителей и слабое развитие интеллектуальных транспортных систем [3; 4; 11–25].

Для повышения безопасности дорожного движения в Арктической зоне РС (Я) можно выделить следующие направления:

- соблюдение правил дорожного движения;
- создание системы пропагандистского воздействия на население с целью формирования

негативного отношения к правонарушителям в сфере дорожного движения;

- повышение культуры вождения;
- повышение требований к подготовке водителей при получении права на управление транспортными средствами и требований к автошколам, осуществляющим такую подготовку;
- внедрение современных интеллектуальных транспортных систем.

Для дальнейшего анализа можно выделить населённые пункты, в которых происходили ДТП, время года, день недели и время суток. Также дополнительно можно рассмотреть виды и причины возникновения ДТП. Такой анализ позволит более детально изучить проблему аварийности на дорогах и способы её решения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Курьянова О. Е. Повышение безопасности дорожного движения методами совершенствования системы подготовки водителей транспортных средств // Авто-транспортное предприятие. – 2014. – № 6. – С. 12–16. [Электронный ресурс]: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=PRSV-apre/2014/6-792419469> [платный доступ].
2. Рыбин А. Л. Анализ ДТП в системе «Человек–транспортное средство–дорога» // Автотранспортное предприятие. – 2011. – № 9. – С. 16–19.
3. Бояршинов А. Л., Ишков А. М., Решетников А. П. Особенности показателей и причин аварийности на дорогах в условиях Севера // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 12. – С. 13–16. [Электронный ресурс]: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=PRSV-apre/2014/12-454637646> [платный доступ].
4. Tefft, B. C. Motor Vehicle Crashes, Injuries, and Deaths in Relation to Driver Age: United States, 1995–2010. AAA Foundation for Traffic Safety, 2012. [Электронный ресурс]: <https://aaaafoundation.org/wp-content/uploads/2018/01/OlderDriverRiskReport.pdf>. Доступ 24.10.2022.
5. Филиппова Н. А., Власов В. М., Богумил В. Н. Обеспечение оперативной и надёжной доставки грузов в районы Крайнего Севера и Арктической зоны России: Монография. – М.: Техполиграфцентр, 2019. – 224 с. ISBN 978-5-94385-170-4.
6. Иовлева Е. Л., Филиппова Н. А. Проблемы эксплуатации дизельных автомобилей в экстремально низких температурах // В сб.: Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте / Сб. статей международной науч.-практ. конференции. – 2022. – С. 150–153.
7. Кирикова Н. В., Филиппова Н. А. Анализ проблем организации дорожного движения и пути их решения на примере УДС г. Якутска // В сб.: Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте / Сб. статей международной науч.-практ. конференции. – 2022. – С. 57–64.
8. Куликов А. В., Фирсова С. Ю., Дорохина В. С. Повышение эффективности автомобильных перевозок в условиях Крайнего Севера Российской Федерации // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2021. – Т. 18. – № 3 (79). – С. 286–305. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305.
9. Тараненко И. С. Разработка методики на базе социальных и технических наук, обеспечивающей достижение нулевых значений социально-экономических потерь, связанных с детским травматизмом школьников,

⁴ Полный отчёт Открытой рабочей группы Генеральной Ассамблеи по целям в области устойчивого развития, опубликован в качестве документа A/68/970.2015 г. [Электронный ресурс]: https://digitallibrary.un.org/record/778970/files/A_68_970-EN.pdf. Доступ 24.10.2022.

в умном мегаполисе // Конкурс Научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета. – 2021. – С. 134–135. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46376637>. Доступ 24.10.2022.

10. Тараненко И. С. Эффективное обучение детей дошкольного и школьного возраста правилам безопасного поведения на дорогах с помощью учебных полигонов, информационных технологий и массовых мероприятий, посвященных БДД // Конкурс Научно-исследовательских работ студентов Волгоградского государственного технического университета. – 2020. – С. 144–145. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43833720>. Доступ 24.10.2022.

11. Dorokhin, S., Likhachev, D., Artemov, A., Sevostyanov, A., Kulikov, A., Novikov, A. The Dynamic Traffic Modelling System. International Scientific Siberian Transport Forum Transsiberia-2021. Part of the Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS), 2022, Vol. 402, pp. 1586–1594. [Электронный ресурс]: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-96380-4_175 [платный доступ].

12. Ишков А. М., Бояршинов А. Л., Решетников А. П. Статистический анализ безопасности дорожного движения (на примере города Якутска) // В сб.: Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения) / Сборник статей V Международной научно-практической конференции. – 2018. – С. 26–31. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35164956>. Доступ 24.10.2022.

13. Ivanova, A. E., Filippov, D. V. Creation background of the Yakutsk city intelligent transport system. Amazonia Investiga, 2019, Vol. 8, No. 23, pp. 419–430. [Электронный ресурс]: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/886/827>. Доступ 24.10.2022.

14. Иванова А. Е. Разработка схемы расположения интеллектуальной транспортной системы для города Якутска, Республика Саха (Якутия) // БСТ: Бюллетень строительной техники. – 2019. – № 11 (1023). – С. 15–17.

15. Ишков А. М., Решетников А. П., Бояршинов А. Л. Эксплуатационная надёжность транспорта, влияние её на ДТП в условиях Севера // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 7 (126). – С. 164–170. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-7-163-169.

16. Евтюков С. С., Голов Е. В., Коломеец А. А. Роль человеческого фактора при возникновении дорожно-транспортного происшествия // Транспортное дело России. – 2019. – № 2. – С. 196–199. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37634998>. Доступ 24.10.2022.

17. Добромиров В. Н., Евтюков С. С., Голов Е. В. Организация безопасного дорожного движения на пешеход-

ных переходах // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6. – С. 265–270. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.

18. Евтюков С. А., Евтюков С. С., Чудаков А. В. Определение места ДТП при наезде транспортного средства на пешехода с учётом темпа движения пешехода // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 4. – С. 175–180. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-4-175-180.

19. Терентьев А. В., Ефименко Д. Б., Карелина М. Ю. Методы районирования, как методы оптимизации автотранспортных процессов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6 (65). – С. 291–294. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32471132>. Доступ 24.10.2022.

20. Филиппова Н. А., Иванова А. Е. Перспективы развития транспортной инфраструктуры в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) // В сб.: Инфокоммуникационные и интеллектуальные технологии на транспорте / Сборник статей международной науч.-практ. конференции. – 2022. – С. 195–198.

21. Филиппова Н. А., Евтюков С. С., Карелина Е. А., Ефимов Р. А., Арифудинов И. В., Иванова А. Е. Принятие управленческих решений в цифровой среде обеспечения безопасного процесса перевозки пассажиров и грузов в северных регионах России: Монография – СПб.: Петрополис, 2019. – 88 с. ISBN 978-5-9676-1047-9.

22. Горбунов К. С., Коваленко Н. А., Ефимов Р. А., Бородин А. А. Методический подход к формализованному составлению технических заключений при расследовании нарушений безопасности движения // Наука и технологии железных дорог. – 2019. – Т. 3. – № 4 (12). – С. 75–82. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41525936>. Доступ 24.10.2022.

23. Добромиров В. Н., Евтюков С. С., Голов Е. В. Современные технологии первичного осмотра места дорожно-транспортного происшествия // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 2. – С. 232–239. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-2-232-239.

24. Евтюков С. С., Добромиров В. Н., Куракина Е. В. Совершенствование методов оценки безопасности дорожного движения на скоростных автомобильных дорогах // Мир транспорта и технологических машин. – 2017. – № 1 – С. 94–100. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28875291> [платный доступ].

25. Евтюков С. С., Голов Е. В. Аудит безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах регионального значения в Ленинградской области // Транспорт Урала. – 2017 – № 2. – С. 85–89. [Электронный ресурс]: <https://www.usurt.ru/download-document/8631>. Доступ 24.10.2022.

Информация об авторах:

Ишков Александр Михайлович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова; заведующий отделом ритмологии и эргономики северной техники ФГБУН ФИЦ «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»; действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия), Якутск, Россия, ishkovalexander81@gmail.com.

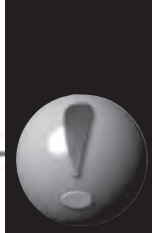
Иванова Анна Егоровна – старший преподаватель Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова, Якутск, Россия anuparoh@mail.ru.

Бояршинов Анатолий Леонидович – кандидат технических наук, доцент Северо-Восточного федерального университета имени М. К. Аммосова, Якутск, Россия, boyarshinov52@mail.ru.

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

Статья поступила в редакцию 24.10.2022, одобрена после рецензирования 11.11.2022, принята к публикации 18.11.2022





Гуманитарно-правовое регулирование использования госпитальных судов в современных условиях



Иван ХОЛИКОВ

Иван Владимирович Холиков

Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, Москва, Россия.

✉ iv_kholik@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются некоторые проблемные вопросы использования госпитальных судов для транспортировки раненых, больных и лиц, потерпевших кораблекрушение, в условиях вооружённого конфликта на море.

Проводится ретроспективный анализ возникновения и развития правовых норм, регламентирующих использование госпитальных судов в вооружённых конфликтах. Особое внимание уделяется регулированию нормами международного гуманитарного права вопросов защиты госпитальных судов от нападения и захвата, перевозки некоторых категорий лиц и грузов.

Также осуществлён обзор соответствующих международно-правовых норм, рассмотрена практика отдельных государств в вопросах транспортировки раненых и больных, а также оказания им медицинской помощи на море. Одной из задач являлось ознакомление читателей журнала с обзором правовых комментариев МККК к Женев-

ской конвенции об улучшении участи раненых, больных и лиц, потерпевших кораблекрушение, из состава вооружённых сил на море от 12 августа 1949 года и некоторых других положений соответствующих международных гуманитарных договоров в области использования госпитальных судов. Комментарии, впервые публикующиеся на русском языке, были отобраны, структурированы и доработаны автором в соответствии с концепцией статьи, а также дополнены ссылками на результаты современных исследований.

На основе исследования современных реалий обосновывается вывод о достаточности существующих норм международного гуманитарного права при очевидной необходимости адекватного использования их потенциала применительно к условиям современности.

Ключевые слова: морской транспорт, госпитальное судно, международное гуманитарное право, Женевская конвенция, вооружённый конфликт, раненые, больные лица, потерпевшие кораблекрушение, перевозка, медицинская помощь.

Для цитирования: Холиков И. В. Гуманитарно-правовое регулирование использования госпитальных судов в современных условиях // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 76–83. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-9>.

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

ВВЕДЕНИЕ

Изменение парадигмы в международных отношениях, связанное с кризисом однополярного миропорядка [1], обуславливает рост угрозы возникновения вооружённых конфликтов не только на сухопутных, но и на морских театрах. В этой связи вопросы гуманитарно-правового регулирования современных военных конфликтов на море, обеспечения морской безопасности, применения различных средств и способов ведения морской войны всё чаще становятся предметом внимания как российских, так и зарубежных исследователей [2–5].

Одновременно вызывают беспокойство угрозы распространения массовых заболеваний, что убедительно демонстрируют эпидемии ВИЧ-инфекции [6], различных штаммов гриппа, атипичной пневмонии, лихорадки Эбола [7–9] и продолжающаяся пандемия COVID-19, ставшая глобальным вызовом современности [10].

Изложенное актуализирует транспортировку раненых и больных по морю в условиях различных правовых режимов, в первую очередь, в чрезвычайных ситуациях и при вооружённых конфликтах. Вопросам правового регулирования медицинской деятельности на транспорте, в том числе морском [11], функционирования транспорта в условиях противодействия пандемии коронавирусной инфекции отечественными исследователями уделялось некоторое внимание. В частности, отмечалась возможность применения опыта использования санитарных судов для борьбы с чумой, холерой и другими инфекционными заболеваниями в современных условиях [12]. Вместе с тем с учётом возрастающего фактора военных угроз [13] представляется целесообразным рассмотреть вопрос осуществления перевозок раненых и больных по морю в условиях вооружённого конфликта.

В указанной ситуации с началом вооружённого конфликта на море начинают действовать нормы международного гуманитарного права (МГП), в том числе, Женевской конвенции об улучшении участи раненых, больных и лиц, потерпевших кораблекрушение, из состава вооружённых сил на море от 12 августа 1949 года (ЖК II). В соответствии с ними указанным лицам должно быть гарантировано гуманное обращение и уход без какой-либо дискриминации по таким причинам, как пол, раса, национальность, религия, политические убеждения или другие аналогичные критерии. Строго запрещается любое посягательство на их жизнь и личность

и, в частности, запрещается добывать или истреблять их, подвергать их пыткам, проводить над ними биологические опыты, преднамеренно оставлять их без медицинской помощи или ухода или предумышленно создавать условия для их заражения. Только по медицинским причинам неотложного характера допускается преимущество в очередности оказания медицинской помощи. Необходимо сразу отметить, что нормы МГП действуют как в условиях международного вооружённого конфликта, так и немеждународного вооружённого конфликта [14].

При этом особый интерес представляет статус санитарных транспортных средств, задействованных для перевозки и оказания помощи раненым, больным и лицам, потерпевшим кораблекрушение.

Таким образом *целью* данного исследования является изучение особенностей правового регулирования перевозок раненых, больных и лиц, потерпевших кораблекрушение, а также предоставления им медицинской помощи госпитальными судами в условиях вооружённого конфликта на море.

Для этого использованы общенаучные и специально-юридические *методы* исследования, в частности, историко-правовой, формально-юридический, сравнительно-правовой, а также метод толкования правовых норм. Также широко использовался *междисциплинарный подход*.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исторические предпосылки

Ещё на рубеже XVIII–XIX вв. суда, сопровождавшие военно-морской флот, для того чтобы подбирать, лечить и перевозить раненых и лиц, потерпевших кораблекрушение, были распространённым явлением¹, а отдельные примеры использования военных госпитальных судов встречались и ранее (см., напр., [15]). Военные госпитальные суда также действовали у берегов тех территорий, где происходили сражения, чтобы оказывать помощь раненым на поле боя. Во время Второй мировой войны военные госпитальные суда «по общему согласию начали осуществлять перевозку раненых, пострадавших во время боевых действий на суше» [16].

¹ Convention (II) for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea. Geneva, 12 August 1949. Commentary 2017. Article 22 – Notification and protection of military hospital ships. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gcii-1949/article-22/commentary/2017>. Доступ 14.09.2022.



Вопросы защиты госпитальных судов впервые нашли своё отражение в Дополнительных статьях относительно участи раненых во время войны 1868 г. Хотя Дополнительные статьи так никогда и не стали обязательными положениями договорного права, их явно породила всеобщая убеждённость в том, что военные госпитальные суда уже пользуются особой защитой в рамках обычного международного гуманитарного права. Согласно Дополнительным статьям, военные и частные госпитальные суда пользовались особой защитой статуса «нейтральности», то есть защитой от нападений, если не совершали действий, наносящих ущерб неприятелю.

На первой Конференции мира в Гааге в 1899 г. было сочтено, что Дополнительные статьи «могут представлять собой наилучшую основу» для применения «к морской войне положений Женевской конвенции (ЖК) 1864 г.»^{2,3}.

Соответственно, в статье 1(1) Гаагской конвенции III 1899 г. указывалось, что «военно-госпитальные суда, т.е. суда, которые построены или приспособлены государствами со специальной и единственно целью оказания помощи раненым, больным и погибающим, и названия которых были сообщены воюющим Держavam, с открытием или во время военных операций, но во всяком случае ранее употребления их в дело, не подвергаются военным действиям и не подлежат захвату в продолжение войны»⁴.

Делегаты второй Конференции мира в Гааге в 1907 г. не сочли необходимым значительно менять положения 1899 г. Поэтому статья 1(1) Гаагской конвенции X 1907 г., практически идентичная предшествующей норме 1899 г., была принята без обсуждения⁵. Статья 1 Гаагской конвенции X 1907 г. воспри-

нималась как запрет не только захвата госпитальных судов, но и нападений на них, до тех пор, пока они служат исключительно для выполнения своей гуманитарной задачи, хотя и не запрещала этого прямо⁶.

Гаагская конвенция III 1899 г. и Гаагская конвенция X 1907 г. усилили правовую защиту военных госпитальных судов, однако опыт Первой и Второй мировых войн выявил необходимость детализации и постепенного развития норм МГП, применяемых к таким судам. В ходе двух мировых войн совершалось множество нападений на госпитальные суда. Некоторые из этих нападений объяснялись сложностями идентификации или использованием таких судов вблизи зоны морских боестолкновений, другие же были преднамеренными, поскольку стороны в конфликте предполагали, что данные суда использовались неправомерно, либо, что они не имели права на защиту или утратили такое право, совершив действия, наносящие ущерб неприятелю [17; 18]. В частности, отсутствие договорённости о минимальном тоннаже оказалось одной из основных причин того, что защита военных госпитальных судов была не столь эффективной, как предполагали разработчики Гаагских конвенций. После окончания Второй мировой войны пришло время сделать защиту госпитальных судов более эффективной.

Правовое регулирование на современном этапе

Женевская конвенция об улучшении участи раненых, больных и лиц, потерпевших кораблекрушение, из состава вооружённых сил на море от 12 августа 1949 года (ЖК II) проводит различие между военными госпитальными судами сторон в конфликте, с одной стороны, и госпитальными судами, используемыми национальными обществами Красного Креста или Красного Полумесяца, официально признанными благотворительными обществами или частными лицами воюющего государства или нейтральных государств, – с другой.

Слово «военный» означает, что госпитальные суда должны управляться вооружёнными силами государства – участника Конвенции или находиться под их исключительным конт-

² Акты Гаагской мирной конференции 1899 года. – С. 444. [Электронный ресурс]: https://runivers.ru/enc/tematicheskii/katalog/vneshnepoliticheskaya-istoriya-rossii/mimye_dogovory/591401/. Доступ 14.09.2022.

³ Convention (III) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention of 22 August 1864. The Hague, 29 July 1899. Historical treaty. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hague-conv-iii-1899?activeTab=historical>. Доступ 14.09.2022.

⁴ Convention (III) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention of 22 August 1864. The Hague, 29 July 1899. Article 1. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hague-conv-iii-1899/article-1?activeTab=historical>. Доступ 14.09.2022.

⁵ Convention (X) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention. The Hague, 18 October 1907. Historical treaty. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hague-conv-x-1907?activeTab=historical>. Доступ 14.09.2022.

⁶ Convention (X) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention. The Hague, 18 October 1907. Article 1. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hagueconv-x-1907/article-1?activeTab=historical>. Доступ 14.09.2022.

ролем. Это требование выполняется, если такие суда относятся к категории либо «военных кораблей», либо «вспомогательных судов», как они определяются в международном договорном и обычном праве. Термин «военный» имеет достаточно широкое значение, чтобы относиться равным образом и к «военным кораблям», и к «вспомогательным судам», пока они фактически управляются вооружёнными силами или находятся под их исключительным контролем. Толкование статьи 22 ЖК II, согласно которому государства вольны использовать в качестве военных госпитальных судов либо вспомогательные суда, либо военные корабли, подтверждается практикой государств. Так, госпитальное судно *Peace Ark*, принадлежащее военно-морским силам (ВМС) Народно-освободительной армии Китая (НОАК), находится под командованием офицера, который состоит на службе правительства КНР, и имеет экипаж, подчинённый военной дисциплине. Следовательно, оно подпадает под определение военного корабля. ВМС НОАК считают его, однако, вспомогательным судном, поскольку оно было построено и оборудовано со специальной и единственной целью – быть госпитальным судном. Корабли ВМС США *USNS Comfort* и *USNS Mercy* управляются Командованием морских перевозок ВМС США, их гражданский экипаж находится под командованием гражданского капитана, но их медицинский персонал находится под командованием офицера военно-медицинской службы. То же самое касается госпитальных судов Военно-морского флота Российской Федерации «Иртыш», «Свирь» и «Енисей». Таким образом, госпитальные суда РФ и США подпадают под определение вспомогательного судна. Очевидно, что, к какой бы категории ни относилось судно по своим техническим характеристикам – к военным кораблям или к вспомогательным судам, если оно удовлетворяет критериям госпитального судна, оно имеет право на особую защиту, положенную ему согласно нормам права¹.

Защита от нападения и захвата

Чтобы иметь возможность выполнять свои функции, военные госпитальные суда, согласно МГП, пользуются особой защитой «во всякое время», то есть вне зависимости от того, находятся на них в данный момент жертвы вооружённого конфликта или нет (если только эти суда не совершают действий, наносящих ущерб неприятелю). Они не могут быть подвергнуты нападению или захвату, но должны во всякое время пользоваться уваже-

нием и защитой при условии, что их названия и характеристики были сообщены сторонам, находящимся в конфликте, за десять дней до их использования.

Запрещение нападений касается любого акта насилия, направленного на уничтожение или потопление военного госпитального судна либо нанесение ему иного ущерба. Оно охватывает не только применение таких типичных военно-морских вооружений как корабельной артиллерии, торпед, морских мин или ракет [19], но и использование любых методов и средств ведения войны и любых мер, которые могут негативно сказаться на функционировании военного госпитального судна. Следовательно, запрещённые нападения не ограничиваются применением обычных видов оружия кинетического действия. Они также включают в себя использование средств и методов, которые – вне зависимости от их механизма и действия – оказывают серьёзное воздействие на работу оборудования, необходимого для функционирования военного госпитального судна, например так называемые кибернападения [20; 21].

Поскольку военные госпитальные суда специально построены или оборудованы, чтобы оказывать помощь раненым, больным и лицам, потерпевшим кораблекрушение, они часто представляют собой сложные сооружения. Их структура, составные части и оборудование в значительной степени взаимозависимы и крайне важны – по отдельности или во взаимодействии друг с другом – для выполнения гуманитарных задач. Поэтому запрещение нападений на военные госпитальные суда следует толковать как можно шире, учитывая объект и цель этого запрещения. Более того, оно относится не только к действиям, которые на самом деле повреждают или уничтожают суда или их оборудование, но и к действиям, которые не принесли результата, были пресечены или отражены¹.

Однако запрещение не распространяется на ущерб, который был нанесён госпитальному судну или его оборудованию случайно или который невозможно было предотвратить. Запрещение нападений скорее ограничивается преднамеренными нападениями и нападениями, которые осуществляются без учёта обязанности принимать все возможные меры предосторожности. Согласно статье 30(4) ЖК II госпитальные суда «во время и после боя... действуют на свой страх и риск»¹.

Объект и цель запрещения захватывать неприятельские военные госпитальные суда состоят в том, чтобы избежать последствий,



обычно связанных с их статусом в качестве неприятельских вспомогательных судов (или военных кораблей) и, следовательно, законных военных трофеев, и гарантировать выполнение ими их гуманитарных задач в течение всего периода вооружённого конфликта на море¹.

В контексте морской войны запрещение захвата относится ко всем действиям по установлению контроля над судном, за исключением действий государства флага. Обычно это достигается путём задерживания абордажной команды, которая осуществляет затем контроль над судном и его экипажем. Поскольку захват неприятельских правительственных судов в качестве военных трофеев нет необходимости рассматривать в призовом суде, право собственности переходит к захватчику, как только захват завершён¹ [22].

«Захват» необходимо отличать от мер, предусмотренных в статье 31(1) ЖК II: это изменение курса (в смысле «приказ удалиться»), контроль и осмотр, а также задержание. Хотя все эти меры приводят к осуществлению контроля, они носят временный характер и не направлены на присвоение судна¹.

Прямое запрещение нападений на военные госпитальные суда имеет смысл лишь в том случае, если они принадлежат неприятелю. Нейтральные военные госпитальные суда – это военные корабли или вспомогательные суда, которые пользуются суверенным иммунитетом: нападение на них или их осмотр и обыск стали бы нарушением прав государства флага¹. Обращение с нейтральными невоенными госпитальными судами, то есть судами, которые используют национальные общества Красного Креста или Красного Полумесяца, официально признанные благотворительные общества или частные лица нейтральных стран, регулируется статьей 25 ЖК II, которая устанавливает, что они должны пользоваться таким же покровительством, как и военные госпитальные суда, и не могут быть подвергнуты захвату при условии, что они поставили себя под начало стороны, находящейся в конфликте, с предварительного согласия своего правительства и с разрешения заинтересованной стороны, находящейся в конфликте, и если будут выполнены предписания статьи 22 ЖК II в отношении уведомлений. При этом, в настоящее время нет сведений о том, что какое-либо национальное общество имеет госпитальное судно.

Военные госпитальные суда должны быть построены и оборудованы «со специальной и единственной целью оказывать помощь

раненым, больным и потерпевшим кораблекрушение, предоставлять им лечение и перевозить их». Из этой формулировки и из контекста статей 30 и 34 ЖК II следует, что военные госпитальные суда должны ограничиваться выполнением исключительно гуманитарных задач.

Обязательство защищать соответствующий персонал госпитальных судов и их экипажи влечёт за собой как минимум обязанность предпринимать шаги для обеспечения того, чтобы эти лица могли выполнять свою работу, и воздерживаться от вмешательства в неё ненадлежащим образом, например, арестовывая их просто за выполнение ими их обязанностей⁷. Более широко в контексте ДП I это влечёт за собой обязательство соблюдать ст. 16 («Общая защита лиц, выполняющих медицинские функции») ⁸. Это обязательство применяется в отношении медицинского персонала, как собственного, так и неприятельского, например, когда лица из его состава оказываются во власти противной стороны.

Как и в случае с обязательством уважать, обязательство защищать касается и государства, и его органов, каждый из которых может нести ответственность согласно применимому международному праву, будь то ответственность государства или индивидуальная уголовная или дисциплинарная ответственность. Общая цель обязательства защищать заключается в том, чтобы обеспечить медицинскому персоналу возможность добраться до тех, кто нуждается в его помощи, то есть в этом случае – до раненых и больных⁷.

Специфика перевозки медицинских грузов, гражданских лиц и оказания помощи им

Военное госпитальное судно имеет право на статус объекта, пользующегося защитой, до тех пор, пока оно выполняет две отдельные и совокупные гуманитарные функции: во-первых, предоставляет лечение жертвам воору-

⁷ Convention (II) for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea. Geneva, 12 August 1949. Commentary 2017. Article 36 – Protection of the personnel of hospital ships. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gcii-1949/article-36/commentary/2017?activeTab=undefined>. Доступ 14.09.2022.

⁸ Protocol Additional to the Geneva Conventions of 12 August 1949, and relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts (Protocol I), 8 June 1977. Text and commentaries. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/api-1977?activeTab=1949GCs-APs-and-commentaries>. Доступ 14.09.2022.

жённому конфликту и, во-вторых, перевозит их. В любом случае каждый раненый, больной или потерпевший кораблекрушение, принятый на борт военного госпитального судна, неизбежно будет перевезён и в той или иной степени получит необходимую медицинскую помощь. Следовательно, именно способность выполнять эти две задачи отличает госпитальные суда от прибрежных спасательных судов и других санитарно-транспортных средств, которые обычно ограничиваются тем, что обеспечивают безотлагательную перевозку в медицинское учреждение и основные меры по поддержанию жизни пациентов.

Первостепенные задачи госпитальных судов – подбирать, лечить и перевозить тех, кто нуждается в помощи в море. Эвакуация раненых и больных из состава сухопутных сил – это, безусловно, законный и находящийся под защитой вид деятельности, однако не подразумевается, что госпитальные суда могут доставлять товары медицинского назначения в неограниченном объёме либо заниматься исключительно такой доставкой или же, что их можно использовать как транспорт для перевозки медицинского персонала и грузов. Следовательно, перевозка излишков предметов и материалов медицинского назначения должна носить второстепенный характер по отношению к главной цели плавания – подобрать пострадавших в месте назначения. Этот вывод подтверждается статьёй 35(5) ЖК II. Хотя перевозка медицинского персонала и оборудования сверх необходимого количества не может считаться обстоятельством, лишаящим госпитальные суда права на защиту, это не значит, что их можно использовать исключительно для перевозки несоизмеримого количества медицинского персонала и оборудования¹.

Хотя перевозка раненых, больных и потерпевших кораблекрушение гражданских лиц выходит за рамки базовых функций пользующихся особой защитой госпитальных судов, такая перевозка всё равно должна считаться выполнением истинно гуманитарной задачи и по этой причине не лишает госпитальное судно его статуса покровительствуемого объекта по международному гуманитарному праву.

Статья 35 (4) ЖК II оправдывает вывод о том, что госпитальным судам разрешается оказывать помощь раненым, больным и потерпевшим кораблекрушение гражданским лицам. Это безусловно справедливо в том случае, если они ранены, больны или потерпели кораблекрушение в результате морского

боя. Если говорить о требованиях, вытекающих из ЖК II, любое раненое, больное или потерпевшее кораблекрушение гражданское лицо, обнаруженное в море, может быть принято на борт военного госпитального судна, если последнее находится в районе событий. Не имеет значения, произошло кораблекрушение в результате военных действий, столкновения, посадки на мель, аварии или неблагоприятных условий на море¹. В современных условиях и военнотружущие, и гражданские лица могут быть ранены в одном и том же месте во время одних и тех же боевых действий. В подобных случаях они должны иметь возможность получить помощь от одних и тех же медицинских работников. Поскольку причины болезни, ранения или кораблекрушения значения не имеют, каждое гражданское лицо, обнаруженное в море, может воспользоваться услугами госпитального судна или лазарета вне зависимости от того, является это лицо больным либо раненым или нет. Более того, больные или раненые гражданские лица могут быть приняты на борт госпитального судна в порту⁹.

Таким образом, если говорить о требованиях, вытекающих из ЖК II, военным госпитальным судам разрешается оказывать помощь беженцам и мигрантам, обнаруженным в бедственном положении на море, даже если эти лица решили пуститься в плавание по причинам, не связанным с вооружённым конфликтом. В связи с этим важно подчеркнуть, однако, что нормы иных отраслей международного права, помимо МГП, могут обязывать при определённых обстоятельствах принять таких лиц, терпящих бедствие в море, на борт военного госпитального судна¹. К ним относятся положения Конвенции ООН по морскому праву 1982 г.; Конвенции СОЛАС 1974 г.; Конвенции о спасании 1989 г.; Конвенции САР 1979 г.; а также ряда документов ИМО и УВКБ.

Кроме того, в статье 22(1) Дополнительного протокола к Женевским конвенциям от 12 августа 1949 года, касающегося защиты жертв международных вооружённых конфликтов (ДП I), предусмотрено, что (военные) госпитальные суда могут перевозить «гражданских раненых, больных и лиц, потерпевших кораблекрушение, которые не относятся

⁹ Convention (II) for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea. Geneva, 12 August 1949. Commentary 2017. Article 35 – Conditions not depriving hospital ships of protection. [Электронный ресурс]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gcii-1949/article-35/commentary/2017?activeTab=undefined>. Доступ 14.09.2022.



ни к одной из категорий, указанных в статье 13 Второй конвенции»⁸.

Существует, однако, категория гражданских лиц, которая не имеет права на помощь военных госпитальных судов, – это гражданские лица в порту или на суше, которые не ранены и не больны. Формулировка статьи 35(4) ЖК II не оставляет сомнений на этот счёт. Гражданские лица, принимаемые на борт военного госпитального судна, должны нуждаться в помощи в связи с их физическим состоянием. Хотя женщины, дети и пожилые люди, в принципе, считаются уязвимыми категориями лиц и в качестве таковых имеют право на особое уважение и защиту, они не могут считаться ранеными или больными, если не нуждаются «в данное время в медицинской помощи или уходе» по смыслу статьи 8(а) ДП I. То же самое относится к гражданским лицам, находящимся в отчаянном положении (например, к беженцам на суше). Единственное доступное им средство спасения – картельное судно или летательный аппарат, то есть конкретное судно или летательный аппарат, которые стороны в конфликте в заключённом ими соглашении наделили правом перевозить гражданских лиц и беженцев без препятствий со стороны неприятеля¹.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время лишь небольшое число государств пользуется военными госпитальными судами в значении ЖК II. Возможно, это объясняется тем, что постройка и оснащение военных госпитальных судов – предприятие весьма дорогостоящее. К тому же такие суда (и, если они есть, вертолёты на них) трудно защитить от современных высокотехнологичных видов оружия [23], в том числе беспилотных морских систем [24] и летательных аппаратов [25]. Некоторые государства, в частности Соединённое Королевство, вывели свои прежние военные госпитальные суда из состава регулярного флота, поскольку были не готовы и дальше подвергать их опасности случайного или намеренного нападения. Вместо этого они начали оснащать некоторые из своих военных кораблей отсеками, предназначенными для оказания медицинской помощи, тем самым превращая их в «суда для приёма пострадавших» [26], которые не удовлетворяют критериям предоставления особой защиты по статье 22 ЖК II. Эта новая практика лишает жертв вооружённого конфликта удобной площадки, где им оперативно и эффективно оказывалась бы медицинская помощь в море. Кроме того,

без госпитальных судов государства будут не в состоянии оказывать медицинскую помощь жертвам международных вооружённых конфликтов между другими государствами. Согласно ст. 22(2)(а) ДП I военные госпитальные суда могут быть предоставлены стороне в конфликте «нейтральным государством или другим государством, не являющимся стороной, находящейся в конфликте».

Данные тенденции представляются достаточно тревожными, поскольку они нарушают и без того хрупкий баланс между потребностями практики и ограниченными возможностями их правовой регламентации. С учётом очевидной достаточности существующих норм международного гуманитарного права отсутствует потребность в принятии новых в ближайшей обозримой перспективе. При этом сохраняется потребность адекватного использования существующих инструментов МГП в интересах обеспечения безопасности медицинских объектов, в том числе госпитальных судов, и их персонала, призванных оказывать беспристрастную помощь всем жертвам вооружённых конфликтов вне зависимости от того, где они возникают – на суше или на море.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Конуров А. И., Холиков И. В. Международно-правовые и военно-политические вопросы современного мироустройства // Вестник Академии военных наук. – 2015. – № 4 (53). – С. 7–18. [Электронный ресурс]: <https://www.avnrf.ru/index.php/zhurnal-qvoennyj-vestnikq/arkhiv-nomerov/789-vestnik-avn-4-2015> [ограниченный доступ для подписчиков].
2. Холиков И. В. Противодействие преступным посягательствам на международную морскую безопасность // Преступность в XXI веке. Приоритетные направления противодействия / Под ред. О. В. Дамаскина, Ю. В. Николаевой. – М.: ООО «Издательство «Юнити-Дана», 2020. – 559 с. – С. 431–459. ISBN 978-5-238-03423-2.
3. Окоча В. А., Холиков И. В. Применение вооружённой силы частными морскими охранными компаниями: динамика границ и специфика правового регулирования в современном мире // Журнал российского права. – 2020. – № 12. – С. 147–158. DOI: 10.12737/jrl.2020.154.
4. Kraska, J., Pedrozo, R. International Maritime Security Law, 2013, 939 p. ISBN 978-90-04-23356-0.
5. Heintschel, von H. W. Unmanned Maritime Systems: Does the Increasing Use of Naval Weapon Systems Present a Challenge for IHL? In book: Dehumanization of Warfare, 2018, pp. 119–126. DOI: 10.1007/978-3-319-67266-3_7 [ограниченный доступ для подписчиков].
6. Мельниченко П. И., Дамаскин О. В., Холиков И. В., Паршин М. Ж. Организационно-правовые аспекты противодействия распространению ВИЧ/СПИДа среди военнослужащих // Военно-медицинский журнал. – 2005. – Т. 326. – № 2. – С. 50–54.
7. Сазонова К. Л., Холиков И. В. Международно-правовые аспекты ответственности государств и международных организаций за распространение эпидемий, пандемий и массовых заболеваний // Военно-медицинский журнал. – 2015. – Т. 336. – № 8. – С. 51–57.

[Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26458389>. Доступ 12.09.2022.

8. 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 book: Legal Challenges for Military Health Care Personnel. Ed. by D. Messelken, D. Winkler. New York, Routledge, 2017, pp. 38–51. ISBN 9781315580258. DOI: 10.4324/9781315580258-3 [ограниченный доступ для подписчиков].

9. 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>.

10. 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. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44414969>. Доступ 12.09.2022.

11. Холиков И. В. Международно-правовые аспекты реализации транспортной стратегии Российской Федерации в сфере медицинского обеспечения на транспорте // Транспортное право и безопасность. – 2018. – № 4 (28). – С. 93–99. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36782509>. Доступ 14.09.2022.

12. Chernogor, N., Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Impact of the spread of epidemics, pandemics and mass diseases on economic security of transport. E3S Web of Conferences, 2020, Vol. 203 (107), pp. 05019. DOI: 10.1051/e3sconf/202020305019. [Электронный ресурс]: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/63/e3sconf_ebwff2020_05019.pdf. Доступ 19.08.2022.

13. Холиков И. В. Международно-правовые аспекты противодействия военным угрозам в современных условиях // Современное право. – 2003. – № 6. – С. 27–31.

14. Холиков И. В. Нормы международного гуманитарного права и практика их реализации в современных условиях // Государственная политика реформирования социального и гуманитарного образования: сравнение опыта постсоциалистических государств: Сборник научных статей по материалам Международного научно-практического семинара. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2014. – С. 294–307. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21985270>. Доступ 14.09.2022.

15. Hanson, N. The Confident Hope of a Miracle: The True History of the Spanish Armada, Vintage, 2003, P. 407. [Электронный ресурс]: <https://archive.org/details/confidenthoefm00hans> [платный доступ].

16. Mossop, J. C. Hospital Ships. In book: Commentary on the Second Geneva Convention, Chapter III, 1947, pp. 398–406. [Электронный ресурс]: <https://www.cambridge.org/core/books/abs/commentary-on-the-second-geneva-convention/hospital-ships/B18460F4981F63C083F45585172D6431> [ограниченный доступ для подписчиков].

17. Galloy, J. L'Inviolabilité des Navires-Hôpitaux et l'expérience de la Guerre de 1914–1918. Paris, Librairie du Recueil Sirey, 1931. [Электронный ресурс]: <https://www>.

[cambridge.org/core/journals/american-journal-of-international-law/article/abs/inviolabilite-des-navireshopitaux-et-lexperience-de-la-guerre-19141918-by-j-galloy-paris-librairie-du-recueil-sirey-1931-pp-192-fr-30/D178DA89BB9DFABEB375A035E638AF2D](https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-international-law/article/abs/inviolabilite-des-navireshopitaux-et-lexperience-de-la-guerre-19141918-by-j-galloy-paris-librairie-du-recueil-sirey-1931-pp-192-fr-30/D178DA89BB9DFABEB375A035E638AF2D) [ограниченный доступ для подписчиков].

18. Oppenheim's International Law. Edited by H. Lauterpacht. 7th ed. Longmans, Vol. II. London, Green and Co., 1952. [Электронный ресурс]: <https://www.cambridge.org/core/journals/cambridge-law-journal/article/abs/international-law-by-l-oppenheim-volume-2-disputes-war-and-neutrality-seventh-edition-edited-by-h-lauterpacht-london-longmans-green-co-1952-iiiii-and-883-and-index-56-pp-80s-net/CC326CCE62A5AFF654697F5EA3F0AD92> [ограниченный доступ для подписчиков].

19. Лиховидов К. С., Холиков И. В., Плакса В. Н. Современные тенденции международно-правового регулирования вооружённых конфликтов на море // Военный академический журнал. – 2019. – № 4 (24). – С. 144–149. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42421357>. Доступ 14.09.2022.

20. Плакса В. Н., Холиков И. В. Международно-правовая защита гражданского населения и гражданской инфраструктуры при использовании военного киберпотенциала // Военное право. – 2020. – № 5 (63). – С. 200–213. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44024087>. Доступ 14.09.2022.

21. Кудашкин А. В. Военное право: Монография в 3 т. / Под общ. ред. А. Н. Савенкова, А. В. Кудашкина – Т. III: Основные проблемы и перспективные направления военно-правовых исследований. – М.: Центр правовых коммуникаций, 2022. – 712 с. ISBN 978-5-6042565-1-0.

22. Dinstein, Y. Booty in Warfare. In: Use of Force. War and Neutrality Peace Treaties (A–M), 1982, pp. 66–68. DOI: 10.1016/B978-0-444-86234-1.50028-X [ограниченный доступ для подписчиков].

23. Grimord, D. L., Riggs, G. W. The Unique and Protected Status of Hospital Ships under the Law of Armed Conflict. In: International Law and Military Operations, International Law Studies, U. S. Naval War College, 2006, Vol. 80, No. XIV, pp. 263–269. [Электронный ресурс]: <https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1272&context=ils>. Доступ 14.09.2022.

24. Холиков И. В. Некоторые проблемные вопросы международно-правовой регламентации использования беспилотных морских систем в военных целях // Военное право. – 2019. – № 6 (58). – С. 276–282. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41493037>. Доступ 14.09.2022.

25. 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://elibrary.ru/item.asp?id=29952934>. Доступ 14.09.2022.

26. Smith, A. M. Has the Red-Cross-Adorned Hospital Ship Become Obsolete? Naval War College Review, 2005, Vol. 58, Iss. 3, pp. 121–131. [Электронный ресурс]: <https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2052&context=nwc-review>. Доступ 14.09.2022. ●

Информация об авторе:

Холиков Иван Владимирович – доктор юридических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела международного права, профессор кафедры международного и европейского права Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, Москва, Россия, iv_kholik@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 12.09.2022, одобрена после рецензирования 03.10.2022, принята к публикации 10.10.2022.





ИЗМЕНЕНИЯ В ПРАВИЛА ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ О СРЕДСТВАХ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ МОБИЛЬНОСТИ

Правительство Российской Федерации утвердило предложенные Минтрансом России изменения в Правила дорожного движения (ПДД), касающиеся, в том числе, езды на электросамокатах и гироскутерах, а также новых дорожных знаков и парковок. Соответствующее постановление подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин.

Теперь электросамокаты, электроскейтборды, гироскутеры, сигвеи, моноколёса и другие аналогичные устройства получили особый статус – средства индивидуальной мобильности. Перемещаться на них можно со скоростью не более 25 км/ч. При этом масса такого электро-транспорта, на котором разрешается передвигаться по тротуарам, вело- и пешеходным дорожкам, не должна превышать 35 килограммов.

Движение электросамокатов и других средств индивидуальной мобильности будет регулироваться специальными дорожными знаками. Речь идёт о разрешении, ограничении или запрете перемещения на таком транспорте в тех или иных зонах. Решение об установке знаков будут принимать местные власти в зависимости от места и наличия дорожной инфраструктуры.

При совместном передвижении пешеходы получают приоритет. Водители средств индивидуальной мобильности должны будут рассчитывать свою скорость, исходя из этого приоритета. Для пересечения дороги по пешеходному переходу пользователям гироскутеров, сигвеев и аналогичных устройств необходимо будет спешиваться.

На электросамокатах любой массы разрешается ездить по правому краю проезжей части дорог. Но делать это можно людям старше 14 лет и там, где отсутствует другая инфраструктура (велодорожки, велополосы, тротуары, обочины) и максимальная скорость движения ограничена 60 км/ч, а также разрешено движение велосипедистов. Самокат или другое устройство,двигающееся по правому краю дороги, должно иметь тормозную систему и фары белого и красного цвета.

Новый статус не распространяется на обычные самокаты и роликовые коньки. Люди, использующие их, по-прежнему приравниваются к пешеходам.

Новым постановлением правительства введён полный запрет движения, остановки и стоянки на направляющих островках и островках безопасности. Такая мера должна улучшить видимость на дорогах и повысить безопасность движения.

Также постановлением утверждены два новых дорожных знака. Один из них обозначает зарядку для электромобилей, а второй информирует о запрете движения автобусов. Его появление – результат практики ограничения движения автобусов в городах-организаторах Чемпионата мира по футболу 2018 года. При этом данный знак не запрещает движение автобусов, следующих по маршрутам общественного транспорта, и школьных автобусов.

Помимо этого, у знаков платной парковки и парковки для инвалидов появится новый облик. В первом случае к традиционной букве Р добавится изображение монет. Во втором – рядом с этой буквой появится стилизованное изображение инвалида-колясочника. Использование знаков в таком виде было апробировано в ходе эксперимента, который проводился с 2017 года в Москве, Санкт-Петербурге, Саратове, Владимире, Краснодаре и Воронеже.

Ещё одно нововведение – визуальное разделение зон платной и бесплатной парковки. Теперь зоны платной парковки будут обозначаться синими линиями, а бесплатной – белыми. Такая разметка поможет автолюбителям быстрее ориентироваться при выборе парковочного места.

Принятие новых правил повысит безопасность участников дорожного движения, пешеходов, позволит сохранить жизни и здоровье граждан.

**По материалам пресс-центра
Министерства транспорта Российской
Федерации: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10402> ●**



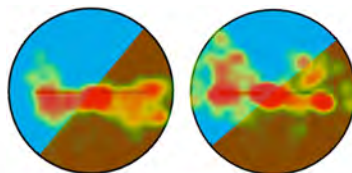
ИССЛЕДОВАНИЕ МОТИВАТОРОВ БУДУЩИХ ТРАНСПОРТНИКОВ

86

*Что движет будущими
работниками отрасли?
В чём схожи и чем отличаются
завтрашние авиаторы
и железнодорожники?
Оказывает ли выбор профессии
влияние на оценку ценностей?*



ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ



ПИЛОТЫ

94

*Исследование восприятия
и интерпретации пилотами
визуальной приборной информации.*

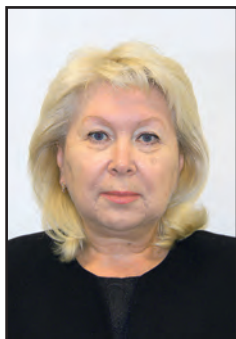




Исследование индивидуальных мотиваторов выпускников транспортных учебных заведений



Марина ЕРХОВА



Людмила ШУМКОВА

*Марина Викторовна Ерхова¹,
Людмила Геннадьевна Шумкова²*

*^{1, 2} Ульяновский институт гражданской авиации
им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева,
Ульяновск, Россия.*

✉ ¹ m.v.erhova@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

В статье обоснована актуальность изучения индивидуальных мотиваторов будущих пилотов гражданской авиации и будущих железнодорожников в условиях получения ими профессионального образования. Приведены результаты исследования, целью которого было определение выраженности и сочетания среднегрупповых мотиваторов двух категорий респондентов, а также влияние полученных мотивационных профилей на особенности восприятия будущей профессии обучающимися транспортных учебных заведений.

В качестве эмпирического метода исследования была выбрана диагностика по тесту «Мотивационный профиль», разработанному Ш. Ричи и П. Мартином. Данный мотивационный тест является надёжным и валидным инструментом измерения индивидуальных побуждений человека к деятельности, основанным на изучении 1355 пригодных для анализа мотивационных профилей международной группы респондентов. Авторами теста были выделены 12 мотивационных факторов – потребностей человека, стимулирующих его

к работе, выраженность которых отражается в мотивационном профиле человека или группы.

В представленном исследовании участвовало 144 курсанта 5 курса Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, обучающихся по специализации «Организация лётной работы», и 50 студентов 3 курса Ульяновского железнодорожного техникума, обучающихся по направлению «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог» – «помощник машиниста тепловоза».

В рамках диагностического эксперимента были построены среднегрупповые мотивационные профили данных категорий респондентов, проведён их анализ с точки зрения требований будущей профессии опрошенных. Особое внимание уделено сравнительному анализу мотивационных профилей будущих пилотов ГА и будущих железнодорожников.

Даны рекомендации по совершенствованию учебно-воспитательного процесса транспортного учебного заведения с учётом полученных результатов исследования.

Ключевые слова: транспорт, гражданская авиация, железные дороги, обучение, транспортный вуз, потребности человека, мотиваторы, мотивационный профиль, индивидуальные и среднегрупповые мотиваторы обучающихся.

Для цитирования: Ерхова М. В., Шумкова Л. Г. Исследование индивидуальных мотиваторов выпускников транспортных учебных заведений // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 86–93. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-10>.

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

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в практике управления персоналом всё большее внимание уделяется изучению индивидуальных мотиваторов сотрудников. Индивидуальные мотиваторы работника – это стимулы, побуждающие конкретного работника к более эффективной деятельности [1]. Ранее считалось, что инициировать профессиональную активность сотрудника может, прежде всего, материальное вознаграждение в денежной или неденежной форме. В настоящее время в качестве эффективных мотиваторов используются свободное время, возможность выбора удобного времени отпуска, профессионально престижные командировки, курсы повышения квалификации и др. [2, с. 160–167; 3, с. 361–417; 4, с. 71–80; 5–7; 8, с. 366–380]. Отличительной чертой компаний, ориентированных на развитие мотивационной среды, является изучение персональных мотиваторов сотрудников и предложение им мотивационного «меню», соразмерного полученному работником профессиональному результату и состоящему из тех мотиваторов, в которых действительно заинтересован сотрудник [9, с. 160–167]. Такой подход к стимулированию трудовой активности персонала позволяет не только учитывать индивидуальные предпочтения работника, но и является проявлением корпоративной заботливости, основанной на свободе выбора работником такого поощрения, которое в максимальной степени в дальнейшем будет развивать его профессиональную инициативу и результативность.

Изучение индивидуальных мотиваторов сотрудников позволяет руководству психологически целесообразно распределять премиальный фонд предприятия, соотносить ожидания работников с возможностями компании, находить дополнительные корпоративные ресурсы для развития её конкурентоспособности. Определение персональных мотиваторов работников даёт возможность руководству использовать дополнительные рычаги влияния на персонал, прогнозировать поведение сотрудников и обеспечивать его единообразие. Это связано с тем, что системный анализ преобладающих и отвергаемых индивидуальных мотиваторов работников демонстрирует систему реализуемых персональных ценностей сотрудников, которые являются основой реальной организационной культуры предприятия. В практике управления существуют раз-

личные технологии мониторинга и развития мотивационной среды: анкетирование сотрудников с целью выявления сегментированных и общекорпоративных ценностей [9, с. 177–185], исследование удовлетворённости работой [10, с. 33–109], исследование мотивационных ресурсов управления предприятием [11, с. 124–136], анализ текучести кадров [12, с. 369–377].

Изучение индивидуальных мотиваторов важно на различных этапах профессиональной карьеры специалистов. Так, в период получения профессионального образования обучающиеся имеют возможность, изучив свою систему персональных мотиваторов, соотнести свои профессиональные ожидания с возможностями будущей профессии, скорректировать возникший дисбаланс через развитие новых мотивов к профессиональной деятельности.

Знание основных тенденций в развитии персональных мотиваторов студентов к освоению и самореализации их в будущей профессии, позволит администрации учебных заведений внести коррективы в учебно-воспитательный процесс, приведя в соответствие требования и особенности будущих профессий обучающихся и их персональных представлений в отношении стиля работы в выбранных ими профессиях [13; 14].

Цель данной статьи – представление и анализ результатов исследования индивидуальных мотиваторов будущих пилотов гражданской авиации (далее ГА) в условиях получения ими высшего профессионального образования, а также проведение сравнительного анализа выраженности мотиваторов студентов, обучающихся в учебных заведениях авиационного и железнодорожного профилей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для достижения поставленной цели были использованы *теоретические* (анализ научной литературы, сравнительный анализ, обобщение), а также *эмпирические методы* исследования (диагностический эксперимент).

В рамках этой цели в Ульяновском институте гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева и в Ульяновском техникуме железнодорожного транспорта было проведено исследование индивидуальных мотиваторов курсантов-пилотов





5 курса, и студентов-железнодорожников 3 курса.

Исследование проводилось в три этапа.

На первом этапе были выявлены персональные и среднегрупповые мотиваторы курсантов 5 курса, обучающихся по специальности «Организация лётной работы» в Ульяновском институте гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева. Исследование проводилось в ноябре–декабре 2021 года, в нём участвовал 141 курсант (пять учебных групп). На основе результатов диагностики был построен среднегрупповой мотивационный профиль респондентов, проведён его анализ и соотнесение с особенностями профессии пилота ГА.

На втором этапе исследования была осуществлена диагностика и последующий анализ персональных и среднегрупповых мотиваторов 50 студентов 3 курса Ульяновского техникума железнодорожного транспорта, обучающихся по направлению «Техническая эксплуатация подвижного состава железных дорог» – «помощник машиниста тепловоза». Исследование проводилось в феврале 2022 года.

На третьем этапе был проведён сравнительный анализ среднегрупповых профилей будущих работников транспорта (пилотов ГА и помощников машиниста тепловоза) и сделаны научно-практические выводы.

В качестве диагностического материала был использован тест «Мотивационный профиль» Ш. Ричи и П. Мартина, который является надёжным и валидным инструментом измерения индивидуальных побуждений человека к деятельности [15]. Авторами теста были выделены 12 мотивационных факторов – потребностей человека, стимулирующих его к работе. Ниже кратко описаны данные факторы и рядом с каждым из них указано значение моды (наиболее часто встречающееся значение мотиватора в группе респондентов, участвующих в апробации теста) [15, с. 24–26].

1. «Потребность в высоком заработке, материальном вознаграждении и материальных благах. Мода – 27 баллов».

2. «Потребность в комфортных условиях работы. Мода – 17 баллов».

3. «Потребность в структурировании работы, в снижении степени неопределённости, связанной с работой. Мода – 26 баллов».

4. «Потребность в социальных контактах с широким кругом людей. Мода – 27 баллов».

5. «Потребность в устойчивых, доверительных взаимоотношениях с небольшой группой людей. Мода – 18 баллов».

6. «Потребность в признании со стороны других людей. Мода – 35 баллов».

7. «Потребность в постановке и достижении сложных профессиональных целей, в самомотивации. Мода – 36 баллов».

8. «Потребность во влиянии, власти и установлении контроля над другими. Мода – 31 балл».

9. «Потребность в разнообразии и переменах, новизне, избегании скуки. Мода – 34 балла».

10. «Потребность в креативности, открытости новым идеям, любознательности. Мода – 32 балла».

11. «Потребность в самосовершенствовании своей личности. Мода – 35 баллов».

12. «Потребность быть востребованным в интересной и общественно полезной работе. Мода – 41 балл».

После определения выраженности каждого из этих факторов исследователем строится индивидуальный мотивационный профиль испытуемого, который анализируется по приоритетности каждого мотивационного фактора, по их взаимному влиянию. Это даёт возможность оценить реальную картину потребностей человека и, как следствие, сделать выводы о профессиональных притязаниях респондента, условиях его удовлетворённости работой, наличии дефицитных потребностей.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследование особенностей индивидуальных и среднегрупповых мотиваторов студентов транспортных учебных заведений

На первом этапе была проведена диагностика индивидуальных мотиваторов пяти учебных групп курсантов-пилотов, рассчитаны персональные значения каждого из 12 мотиваторов по каждому курсанту. Затем были построены среднегрупповые мотивационные профили пяти учебных групп и, далее, общегрупповой профиль, который был проанализирован по различным направлениям.

Среднегрупповые значения 12 мотиваторов по каждой учебной группе курсантов-пилотов представлены в табл. 1.

Для того чтобы получить более однородную картину выраженности мотиваторов

Таблица 1

Среднегрупповые мотиваторы курсантов-пилотов [выполнено авторами]

№	Мотив. факторы	Мода	Учебные группы					Ср. знач.
			П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	
1	Заработок	27	35,4	30,45	28,1	33,8	33,83	32,3
2	Условия работы	17	29,3	33,68	30	29,1	31,61	30,7
3	Структурирование	26	29,0	32,09	31,3	33,45	31,17	31,3
4	Социальные контакты	27	21,6	29,64	27,8	28,1	27,78	27
5	Взаимоотношения	18	22,9	28,41	25	26,7	29,33	26,5
6	Признание	35	31,2	29,45	32,2	32,35	32,11	31,4
7	Достижения	36	34,9	30,95	34	31,95	29,67	32,3
8	Власть	31	24,7	29,73	26,1	24,5	26,44	26,3
9	Перемены	34	28,7	30,23	27	31,2	28,78	29,2
10	Креативность	32	29,8	29,09	29,9	29,4	27,39	29,1
11	Самосовершенствование	35	34,0	28,27	29,3	30,6	31,72	30,7
12	Интересная и полезная работа	41	37,6	27,73	35,2	31,95	28,89	32,2

* Здесь и далее используются сокращенные наименования мотивационных факторов.

у заявленной группы респондентов, нами был построен среднегрупповой профиль объединённой группы курсантов. Он представлен на рис. 1.

При анализе среднегрупповых мотиваторов будем использовать сравнение мотиваторов между собой и со значением моды.

Итак, результаты диагностики среднегрупповых мотиваторов показали, что наиболее выраженными мотиваторами опрошенных курсантов-пилотов являются «Заработок», «Достижения» и «Интересная и полезная работа».

Сочетание факторов «Заработок» и «Достижения» может говорить о том, что опрошенные связывают высокое материальное вознаграждение с результатами своей работы. При этом они готовы ставить перед собой сложные профессиональные цели, прикладывать необходимые усилия и получать за это соответствующую материальную компенсацию. Такая установка на профессиональную деятельность, с одной стороны, побуждает будущих пилотов ГА к профессиональному развитию, а с другой стороны, может вызвать у них ощущение несоответствия затраченных

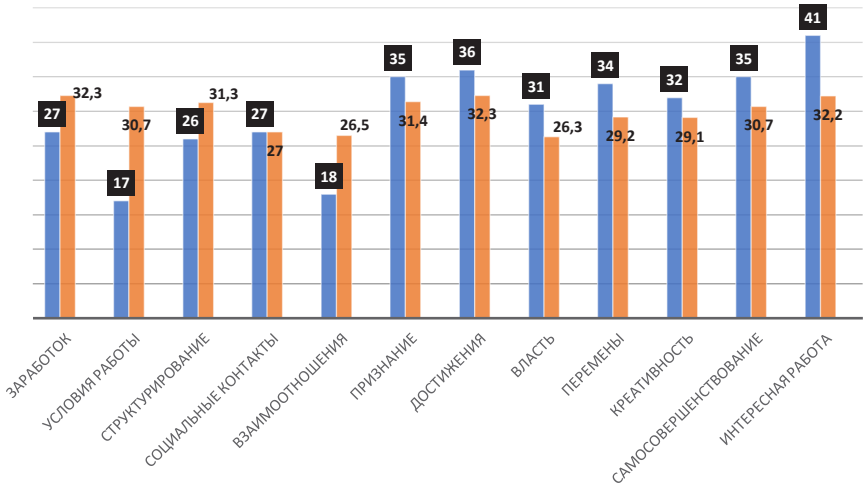


Рис. 1. Среднегрупповые мотиваторы курсантов-пилотов [выполнено авторами].



усилий и заработка. Это, в свою очередь, может усилить неудовлетворённость работой и снижение интереса к ней.

Сочетание значимых факторов «Заработок» и «Интересная и полезная работа» означает понимание курсантами того, что деньги они будут получать, прежде всего, за ту пользу, которую приносят людям. Следует отметить, что, если полезность и интересность работы в компании не поддерживается организационными условиями, то материальное вознаграждение работника вряд ли повысит эффективность его работы. Поэтому администрация авиационных компаний должна понимать, что не только высокий заработок пилотов может обеспечить качество работы лётного персонала. Необходимо проводить целенаправленную работу по поддержанию у пилотов интереса к работе и восприятия её как полезной и значимой для людей.

Сочетание важности для пилотов факторов «Достижения» и «Интересная и полезная работа» ещё раз подтверждает необходимость использования в авиационных компаниях современных достижений социального менеджмента для поддержания у авиационного персонала интереса и персональной значимости работы.

При сравнении данных значимых для будущих пилотов мотивационных факторов с модой (среднестатистическое значение мотиваторов, полученное авторами теста в ходе его апробации), получилось, что фактор «Заработок» ощутимо превышает значение моды, а фактор «Интересная и полезная работа» значительно ниже значения моды. Это ещё раз является подтверждением необходимости поддержания (за счёт внутренних ресурсов или ресурсов авиационной компании) высокого интереса пилотов к работе, который будет инициировать их профессиональные достижения и увеличивать соответствующее материальное вознаграждение, которое является очень важным мотивационным фактором для респондентов.

Анализ среднегруппового мотивационного профиля будущих пилотов показал достаточно высокую значимость для них условий труда, что свидетельствует о понимании курсантами особенностей стиля жизни пилота ГА, необходимости соблюдения авиационной компанией режима труда и отдыха лётного состава и о влиянии этих регламентов на безопасность полётов.

Интересно отметить, что значимость для курсантов власти и склонности к переменам значительно ниже среднестатистических значений. Это может говорить об ориентации пилотов, прежде всего, на «горизонтальную» карьеру (смену типа воздушного судна при сохранении должности) и на важность наличия стабильности во всех сферах жизни. Данные предположения подтверждаются исследованиями основных карьерных ориентаций будущих пилотов по методике Э. Шейна «Якоря карьеры» [16].

Важно заметить, что сочетание высокой значимости для курсантов фактора «Заработок» и достаточно низкой значимости фактора «Власть» свидетельствует о понимании респондентами важности профессионального обучения, освоения более сложных типов ВС для последовательного построения экспертной карьеры, которая является показателем не только профессионального, но и материального статуса пилота.

Интересной особенностью представленного мотивационного профиля является сочетание высокой значимости заработка и сравнительно низкой значимости для будущих пилотов фактора «Взаимоотношения». Фактор «Взаимоотношения» означает важность для человека построения длительных доверительных отношений с коллегами. Низкое значение данного фактора показывает готовность будущих пилотов к специфике профессионального взаимодействия в лётных отрядах, где дистанционные контакты пилотов преобладают над очными и не способствуют установлению тесных межличностных отношений между коллегами. Наличие неслётанных экипажей также развивает у пилотов ГА готовность к кратковременным (на период полёта) деловым контактам.

Анализ результатов второго этапа проведённого исследования может быть представлен следующим образом.

После проведения диагностики студентов железнодорожного техникума были рассчитаны среднегрупповые значения 12 мотиваторов. Они представлены в табл. 2.

Для того чтобы получить более наглядную картину выраженности мотиваторов у заявленной группы респондентов, нами был построен среднегрупповой профиль объединённой группы студентов-железнодорожников. Он представлен на рис. 2.

При анализе среднегрупповых мотиваторов студентов-железнодорожников так же будем использовать сравнение мотиваторов между собой и со значением моды.

Итак, результаты диагностики среднегрупповых мотиваторов студентов железнодорожного техникума показали, что наиболее выраженными мотиваторами опрошенных являются «Зарботок», «Условия работы», «Структурирование». Преобладание данных мотиваторов может свидетельствовать, с одной стороны, о приоритете внешней мотивации у будущих железнодорожников (достойная зарплата, хорошие условия труда, чёткая регламентация работы), а, с другой стороны, может стать показателем готовности к чёткому соблюдению должностных инструкций, к стремлению повысить своё материальное благополучие через добросовестную работу, соблюдение дисциплины.

Наименее значимым мотивационным фактором оказался фактор «Власть». Это может говорить об ориентации учащихся техникума, прежде всего, на горизонтальную, а не на вертикальную (должностную) карьеру.

При сравнении значимых для будущих работников железнодорожного транспорта мотивационных факторов с модой получилось, что фактор «Условия работы» ощутимо превышает значение моды, а фактор «Интересная и полезная работа» значительно ниже значения моды.

Это является подтверждением необходимости поддержания в период обучения у студентов высокого интереса к будущей работе, демонстрации связи между результатами работы и заработком, готовности к различным рабочим

Таблица 2
Среднегрупповые мотиваторы студентов железнодорожного техникума
[выполнено авторами]

№	Мотивационные факторы	Мода	Среднегрупповое значение
1	Зарботок	27	33,4
2	Условия работы	17	33,4
3	Структурирование	26	34,1
4	Социальные контакты	27	33,2
5	Взаимоотношения	18	26,7
6	Признание	35	33
7	Достижения	36	30
8	Власть	31	22,1
9	Перемены	34	28
10	Креативность	32	25,3
11	Самосовершенствование	35	30,4
12	Интересная и полезная работа	41	29,2

условиям и форсмажорным обстоятельствам.

Анализ среднегруппового мотивационного профиля будущих работников железнодорожного транспорта показал достаточно высокую значимость для них условий труда, что свидетельствует о понимании студентами особенностей стиля трудовой жизни работников железнодорожного транспорта, необходимости соблюдения железнодорожным предприятием режима труда и отдыха и о влиянии этих регламентов на безопасность движения.

Важно заметить, что сочетание высокой значимости для студентов фактора «Зарботок» и достаточно низкой значимости фактора «Власть» свидетельствует о понимании респондентами важности профессионального обучения, освоения современных типов железнодорожного транспорта для последова-

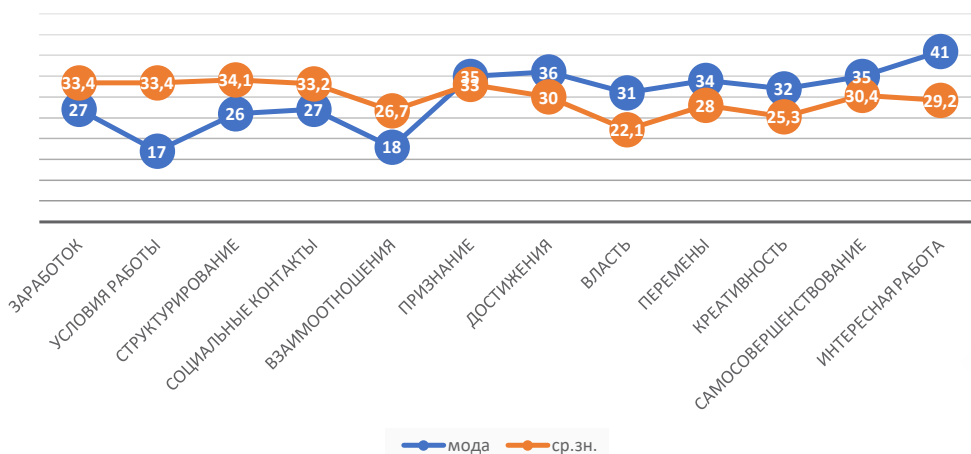


Рис. 2. Среднегрупповые мотиваторы студентов железнодорожного техникума [выполнено авторами].



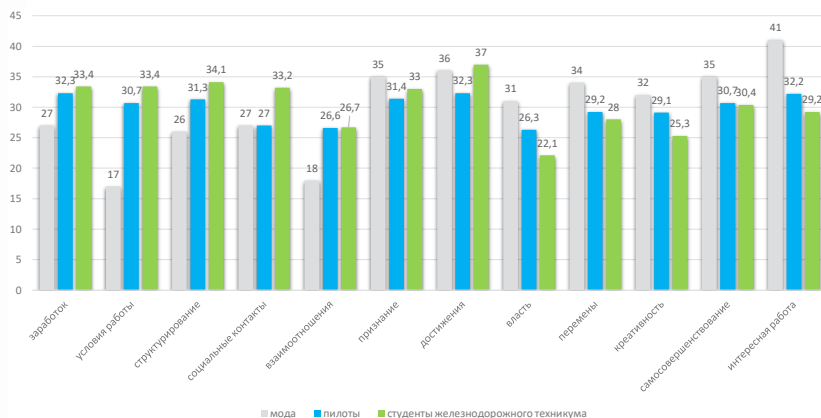


Рис. 3. Среднегрупповые мотиваторы курсантов-пилотов и студентов железнодорожного техникума [выполнено авторами].

тельного построения профессиональной карьеры, которая является показателем не только профессионального, но и материального статуса работника железнодорожного транспорта.

На третьем этапе исследования был проведён сравнительный анализ среднегрупповых мотиваторов к профессиональной деятельности будущих работников авиационного и железнодорожного транспортов.

Наглядное представление полученных результатов показано на рис. 3

Сравнение индивидуальных мотиваторов будущих пилотов и железнодорожников показал достаточно высокое сходство практически по всем мотиваторам. Респонденты одинаково высоко оценивают значимость заработка, условий работы и её регламентации, а также взаимоотношений с коллегами. Данные мотиваторы в определённой степени характеризуют профессиональный стиль деятельности работников транспорта, в котором режим труда и отдыха, оснащённость рабочего места, чёткая регламентация деятельности являются необходимыми атрибутами данных профессий, обеспечивающих безопасность воздушных и железнодорожных перевозок. Достаточно высокая выраженность мотиватора взаимоотношения показывает понимание обучающимися важности установления позитивных отношений с коллегами во взаимодействиях «командир воздушного судна – второй пилот»; «машинист тепловоза – помощник машиниста».

Наибольшие расхождения были выявлены в выраженности мотиваторов «Социальные контакты» и «Власть». Студенты-железнодорожники придают большую значимость

необходимости расширения социальных контактов, профессиональных связей, коммуникабельности. Курсанты-пилоты больше ориентированы на возможности оказания влияния, осуществления контроля над коллегами. Такой стиль поведения пилота ГА вполне согласуется с системой CRM, которая предусматривает чёткий взаимоконтроль членов лётного экипажа (Cross-check – перекрёстная проверка).

Сравнение выраженности индивидуальных мотиваторов будущих пилотов и железнодорожников со значением моды показало, что мотиваторы заработка, условий и структурирования работы у обеих групп респондентов значительно превышает значение моды. Это свидетельствует о повышенной значимости данных трудовых стимулов. Это, с одной стороны, может свидетельствовать о понимании обучающимися особенностей своих профессий, а, с другой стороны, о, возможно, завышенных ожиданиях в отношении формальных сторон профессиональной деятельности, которые могут не соответствовать реальной ситуации.

Достаточно показательным оказался тот факт, что мотиваторы «Интересная работа», «Самосовершенствование» и «Перемены» у всех респондентов гораздо ниже значения моды. Это может говорить о недостаточно высоком интересе студентов к содержанию своей будущей профессии и, как следствие, желанию развиваться в ней. При этом сниженный мотиватор «Перемены» может свидетельствовать о консервативной направленности их мышления, и, как следствие, – сопротивлении переменам. Перемены могут касаться организационных, технологических

изменений, освоения новых типов транспортных средств и др. Транспорт является динамично развивающейся отраслью экономики, поэтому и сотрудники транспортных предприятий должны быть готовыми к переменам, которые всегда сопровождаются необходимостью развиваться в профессии.

ВЫВОДЫ

Проведённое исследование показало значимость более глубокого изучения механизмов формирования профессиональной мотивации студентов транспортных учебных заведений, поиска возможностей более интенсивного «погружения» обучающихся в реальную профессиональную среду, формирующую у них адекватный образ профессии. Изучение персональных мотиваторов студентов позволит систематизировать их профессиональные ожидания в целостный образ профессии, существующий в сознании студентов, соотносить его с профессиональными реалиями и организовать работу по более детальному изучению студентами тонкостей, возможностей и ограничений будущей профессии, стиля профессионального поведения, регламентов, особенностей стимулирования работников и т.п. Это позволит будущим специалистам быстрее адаптироваться к тонкостям выбранной профессии, не испытать разочарований из-за незначительных трудностей, оптимально организовывать свою профессиональную жизнь с учётом требований профессии.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ильин Е. П. Сущность и структура мотива // Психологический журнал. – 1995. – Т. 16. – № 2. – С. 27–41. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23267000>. Доступ 26.06.2022.
2. Соломанидина Т. О., Соломанидин В. Г. Мотивация трудовой деятельности персонала: Учеб. пособие. – 2-е изд. – М.: Юнити-Дана, 2017. – 312 с. ISBN 978-5-238-01609-2.
3. Магура М. И., Курбатова М. Б. Секреты мотивации или мотивация без секретов. – М.: Управление персоналом, 2007. – 653 с. ISBN 978-5-9563-0076-3.
4. Иванова С. В. Мотивация на 100 %: А где же у него кнопка? – М.: Альпина Паблишер, 2019. – 288 с. ISBN 978-5-9614-2268-9.

5. Гаврилова О. Стимулирование свободным временем // Справочник по управлению персоналом. – 2011. – № 3. – С. 49–52. [Электронный ресурс]: <https://www.pro-personal.ru/article/222954-stimulirovanie-svobodnym-vremenem/>. Доступ 26.06.2022.

6. Кольцова В. Управление системой льгот // Справочник по управлению персоналом. – 2011. – № 4. – С. 65–69. [Электронный ресурс]: <https://www.pro-personal.ru/article/223732-upravlenie-sistemoy-lgot/>. Доступ 26.06.2022.

7. Кочеткова А. Управление креативными сотрудниками. Мотивация «творцов» // Справочник по управлению персоналом. – 2011. – № 4. – С. 24–28. [Электронный ресурс]: <https://www.pro-personal.ru/article/223676-motivatsiya-tvortsov/>. Доступ 26.06.2022.

8. Занковский А. Н. Организационная психология: Учеб. пособие. – М.: Флинта, МПСИ, 2002. – 648 с. [Электронный ресурс]: <https://uchebnik.biz/book/138-organizatsionnaya-psixologiya/>. Доступ 26.06.2022.

9. Самоукина Н. В. Эффективная мотивация персонала при минимальных финансовых затратах. – М.: Вершина, 2006. – 224 с. ISBN 5-9626-0076-2. [Электронный ресурс]: https://www.zagorskaya.info/wp-content/uploads/2020/11/4809_a1213a0e70a336cf8bdc3d423a1b389e.pdf. Доступ 26.06.2022.

10. Херцберг Ф., Моснер Б., Снидерман Б. Б. Мотивация к работе / Пер. Д. А. Куликов. – М.: Вершина, 2007. – 240 с. ISBN 5-9626-0259-5. [Электронный ресурс]: https://www.studmed.ru/hercberg-f-mocner-b-bloh-sniderman-b-motivatsiya-k-rabote_07e612b1687.html. Доступ 26.06.2022.

11. Шапиро С. А. Мотивация. – М.: ГроссМедиа, 2008. – 150 с. [Электронный ресурс]: https://www.studmed.ru/shapiro-sa-motivatsiya_el13974d353b.html. Доступ 26.06.2022.

12. Кибанов А. Я., Митрофанова Е. А., Эсаулова И. А. Экономика управления персоналом. – М.: Инфра-М, 2019. – 427 с. ISBN 978-5-16-006018-7.

13. Ерхова М. В., Орлова Л. В. Изучение профессиональной мотивации курсантов-авиационистов // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 69. – Ч. 5. – С. 113–115. DOI: 10.18411/lj-01-2021-198.

14. Ерхова М. В. Исследование мотивационных профилей курсантов-авиационистов // Региональная экономика: актуальные вопросы и новые тенденции. III Международная научно-практическая конференция (17–23 апреля 2017 года, Россия, г. Ульяновск): Сб. науч. трудов. – Ульяновск: УлГТУ, 2017. – С. 103–109. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29264490>. Доступ 26.06.2022.

15. Ричи Ш., Мартин П. Управление мотивацией: Учеб. пособие для вузов / Пер. с англ., под ред. проф. Е. А. Климова. – М.: Юнити-Дана, 2004. – 399 с. ISBN 0-566-08102-4 (англ.); ISBN 5-238-00599-7 (рус.).

16. Ерхова М. В., Калугина Е. А. Исследование карьерных ориентаций пилотов гражданской авиации // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 11 (58). – Ч. 1. – С. 29–33. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34921969>. Доступ 26.06.2022. ●

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.v.erhova@mail.ru.

Шумкова Людмила Геннадьевна – кандидат педагогических наук, проректор по образовательной работе Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия, uvaiga_osod@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 18.05.2022, актуализирована 15.09.2022, одобрена после рецензирования 22.09.2022, принята к публикации 04.10.2022.





НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 656.7

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-11>

Влияние соционических характеристик пилота на особенности восприятия и интерпретации им визуальной приборной информации



Ольга АРИНИЧЕВА



Алексей МАЛИШЕВСКИЙ

Ольга Викторовна Ариничева¹,
Алексей Валерьевич Малишевский²

^{1, 2} Санкт-Петербургский государственный
университет гражданской авиации (СПбГУ ГА),
Санкт-Петербург, Россия.

✉ ¹ 2067535@mail.ru.

АННОТАЦИЯ

В статье, которая продолжает цикл публикаций результатов исследований авторов по изучению особенностей восприятия и интерпретации пилотом визуальной приборной информации, анализируются данные экспериментов, проведенных в период 2021–2022 годов на выборке из 50 студентов-пилотов. По данным известного авиационного педагога В. А. Сычёва, в технике пилотирования ошибки восприятия встречаются наиболее часто. Среди множества важных для пилотирования воздушного судна приборов есть один, чье влияние на проблему «потери управления в полёте» («Loss of control in flight») наиболее велико – это авиагоризонт. С ошибками восприятия показаний авиагоризонта связан целый ряд катастроф. Одной из наиболее трагичных из них была катастрофа под Пермью 14 сентября 2008 года самолёта Boeing-737.

Данный материал представляет результаты сравнительного исследования, выполненного с целью выявления индивидуальных различий в восприятии и интерпретации испытуемыми показаний крена на авиагоризонте с «прямым» и «обратным» вариантами индикации. В ходе задания участникам предъявлялась последовательная серия изображений в виде слайдов с показаниями авиагоризонта по крену в раз-

ной индикации. Эксперимент проводился с использованием стационарного прибора Eye Tracker Tobii REX. Анализ и обработка полученных при этом данных производились с помощью специального компьютерного продукта, разработанного А. П. Плясовских во Всероссийском НИИ радиоаппаратуры. Также участники эксперимента прошли психодиагностику с помощью соционических тестов Кейрси и «ММ-1». В качестве методов математической обработки результатов в работе были использованы корреляционный анализ и G-критерий знаков.

Полностью подтвердились приведённые рядом авторов доводы в пользу «обратного» варианта индикации. Количество ошибок у лиц, участвующих в настоящем эксперименте, при определении стороны крена на «прямой» индикации авиагоризонта оказалось в семь раз выше, чем на «обратной». Не была подтверждена гипотеза о том, что соционические характеристики являются предикторами правильности восприятия пилотом и интерпретации им визуальной приборной информации. Возможно, на отсутствие значимых корреляций повлияло и значительное однообразие в соционических характеристиках испытуемых.

Ключевые слова: воздушный транспорт, авиагоризонт, соционические характеристики, восприятие, айтрекер (Eye Tracker), безопасность полётов.

Для цитирования: Ариничева О. В., Малишевский А. В. Влияние соционических характеристик пилота на особенности восприятия и интерпретации им визуальной приборной информации // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-11>.

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

ВВЕДЕНИЕ

«Потеря пилотом воздушного судна (ВС) пространственной ориентировки несёт серьёзную угрозу безопасности полётов, поскольку дальнейшее развитие ситуации, как правило, приводит к серьёзным последствиям: сложное пространственное положение; выход за эксплуатационные ограничения; сваливание, – классифицирующим событие по категории LOC-I (Loss of control in flight)» [1, с. 212; 2, с. 46]. В подтверждение этих слов можно в качестве одного из многочисленных примеров такого рода привести авиационный инцидент с самолётом Boeing 747SP-09 авиакомпании «China Airlines», произошедший 19.02.1985 [3] над Атлантическим океаном по маршруту следования из Тайбэя в Лос-Анджелес. Но если в упомянутом случае выразившийся в «Loss of control in flight» инцидент произошёл по причине невнимательности и недоверия к приборам у командира ВС, то значительно хуже ситуация, когда пилот ВС неверно воспринимает показания прибора, то есть когда происходит «ошибка восприятия» [4, с. 35].

Поэтому изучение предикторов, влияющих на правильность восприятия и интерпретации визуальной приборной информации пилотом ВС, вне всякого сомнения, является проблемой важной и актуальной.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

«Ясность и отчётливость восприятия имеют решающее значение для успеха любого вида человеческой деятельности. Чем точнее восприятие, чем полнее отражает человек объект своей активности, тем продуктивнее его деятельность: как воспринял, так и сделал» [4, с. 34]. По данным известного авиационного педагога В. А. Сычёва, «наиболее часто в технике пилотирования встречаются ошибки в восприятии, реже – ошибки в оценке обстановки и решении и ещё реже – ошибки в осуществлении решения, т.е. в движении»¹. Однако среди множества важных для пилотирования ВС приборов, есть один, чьё влияние на проблему «Loss of control in flight» будет сложно переоценить – это авиагоризонт.

¹ Сычёв В. А. Обучение полёту: Методическое пособие для первоначального обучения пилотов в полёте по кругу / Всесоюзное добровольное общество содействия авиации. – М.: ДОСАРМ, 1950–1952. В 2-х томах. – Т. 1. – 1950. – 196 с. [Электронный ресурс]: <http://akvictoria.by/wp-content/uploads/2016/02/В.-А.-Сычев-Обучение-полёту-Часть-1-1950.pdf>. Доступ 27.09.2022.

Так, в [5] известный авиационный психолог, профессор В. В. Козлов, опираясь, в том числе и на материалы работ [6; 7], пишет: «Авиаторы знают, сколько существует авиация, столько же времени кипят споры о том, какой должна быть индикация крена на авиагоризонте: прямой («с самолёта на землю, т.е. силуэт ВС неподвижен, а подвижна «земля»), или обратной («с земли на самолёт, т.е. силуэт ВС подвижен, а «земля» неподвижна»). При этом бывают периоды, когда острота дискуссии по данной проблеме стихает и создаётся впечатление, что она (проблема) решена, однако очередное авиационное происшествие, где при расследовании установлено нарушение пространственной ориентировки, с новой силой поднимает проблему вида индикации крена. До сегодняшнего дня, несмотря на многочисленные экспериментальные исследования надёжности действий лётчика при использовании авиагоризонтов с разными видами индикации крена, однозначного мнения в авиационных кругах как у нас в стране, так и за рубежом не сложилось. Напротив, возникла парадоксальная ситуация: в публикациях приводятся данные в пользу обратного вида индикации крена, а промышленностью (особенно за рубежом) выпускаются и устанавливаются на воздушных судах преимущественно авиагоризонты с прямым видом индикации крена» [5, с. 108]^{2, 3, 4}.

Весьма впечатляющие результаты эксперимента, подробно представленные в [6; 7], приводит известный авиационный психолог П. А. Коваленко: «37 лётчиков одной из ве-

2 Previc, F. H., & Ercoline, W. R. (1999). The «outside-in» attitude display concept revisited. The International Journal of Aviation Psychology, 9(4), 377–401. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0904_5. [Ограниченный доступ для подписчиков]. – Прим. ред.

3 Self, B. P., Breun, M., Feldt, B., Perry, C., Ercoline, W. R. Assessment of Pilot Performance Using a Moving Horizon (Inside-Out), a Moving Aircraft (Outside-In), and an Arc-Segmented Attitude Reference Display. Paper presented at the RTO HFM Symposium on «Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures», held in La Coruña, Spain, 15-17 April 2002, and published in RTO-MP-086. [Электронный ресурс]: https://www.faa.gov/about/office/org/headquarters_offices/avs/offices/aam/cami/library/online_libraries/aerospace_medicine/sd/media/MP-086-30.pdf. Доступ 07.08.2022. – Прим. ред.

4 Yamaguchi, M., & Proctor, R. W. A Compatibility Analysis of Attitude Display Formats. International Symposium on Aviation Psychology, 2009, pp. 355–360. [Электронный ресурс]: https://corescholar.libraries.wright.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1058&context=isap_2009. Доступ 07.08.2022. – Прим. ред.



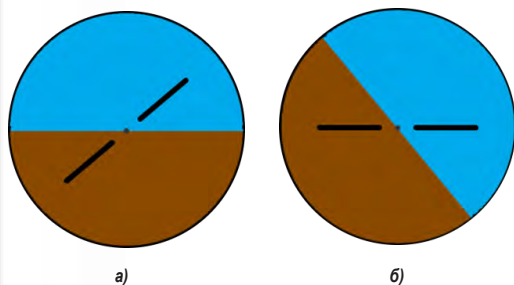


Рис. 1 Индикация авиагоризонта: а) «прямая», б) «обратная» [2, с. 47; 9, с. 283].

дущих российских авиакомпаний в условиях, моделирующих катастрофу, определяли пространственное положение и вывод ВС в горизонтальный полёт по авиагоризонту с «прямой» индикацией крена и тангажа. При этом 29 лётчиков (78,4 %), допустили ошибки при определении направления крена и тангажа, они 61 раз (16,4 %) ошибались при определении направления крена и 44 раза (11,9 %) при определении направления тангажа, то есть путали левый и правый крен, а также кабрирование и пикирование. У них зафиксированы иллюзии подвижности пространства и управления землёй (вместо ВС) в полёте, что может являться одной из важнейших причин последующих катастрофических исходов» [6, № 2, с. 9; № 3, с. 10–11; № 4, с. 11; № 5, с. 9; 7, с. 2].

Подобный катастрофический исход, когда именно ошибка восприятия пилотом показаний авиагоризонта с «прямой» индикацией стала его (исхода) причиной, произошёл под Пермью 14.09.2008. «По результатам расследования данной катастрофы⁵, МАК в разделе 5 «Рекомендации по повышению безопасности полётов» в 5.5, помимо прочего, рекомендовал: «Организовать и провести исследования по изучению условий потери экипажами ВС пространственной ориентировки и попадания в сложное пространственное положение с выдачей практических рекомендаций по повышению безопасности полётов. По результатам работы разработать и внедрить специальный курс повышения квалификации лётного состава (типа upset recovery), предусмотрев в нём теоретическую и практическую

части» [6, № 2, с. 10; 7, с. 3]. Собственно, описанный в [6; 7] П. А. Коваленко эксперимент и проводился в рамках данных рекомендаций.

Обоим фигурантам пермской катастрофы привычен был вариант именно индикации «обратной», и, судя по среднему налёту участников эксперимента ($9918,8 \pm 1101,9$ и $6382,7 \pm 1052,6$ часов [6, № 2, с. 10; 7, с. 3] для командиров и вторых пилотов, соответственно), им он тоже был, как минимум, хорошо знаком (примерно половина и более от всего их налёта [6, № 3, с. 18; 7, с. 31]). Поэтому встаёт вопрос, не являются ли эти результаты следствием «силы привычки», а не недостатком авиагоризонта с «прямой» индикацией, а также существуют ли предикторы, влияющие на правильность восприятия и интерпретации визуальной приборной информации пилотом.

Целью настоящей статьи и является прояснение вопросов преимущества «прямой» и «обратной» индикации.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основой для сравнительного анализа стал эксперимент, в котором, помимо фиксации непосредственных результатов выполнения задания испытуемыми, для получения добавочных сведений об основных зонах направленности внимания при восприятии зрительного образа в качестве дополнительного оборудования был использован «стационарный прибор Eye Tracker Tobii REX⁶. Анализ и обработка полученных при этом данных производилась с помощью специального компьютерного продукта (разработка А. П. Плясовских, главного конструктора НТЦ «Организация воздушного движения» Всероссийского НИИ радиоаппаратуры), предназначенного для анализа различных аспектов перемещения взгляда, в процессе выполнения заданного упражнения» [8, с. 129]. «Было проведено сравнительное исследование на предмет выявления у участников эксперимента индивидуальных различий в восприятии и интерпретации показаний авиагоризонта по крену [1; 2; 9] с «прямым» и «обратным» вариантами индикации (рис. 1). Задание представляло собой серию слайдов, после-

⁵ Окончательный отчёт по результатам расследования авиационного происшествия: Боинг-737–500 VP-BKO 14.09.2008 / Межгосударственный авиационный комитет. [Электронный ресурс]: https://mak-iac.org/upload/iblock/c2d/vp-bko_report.pdf. Доступ 27.09.2022.

⁶ Tobii. [Электронный ресурс]: <https://www.tobii.com/>. Доступ 27.09.2022.

довательно предъявляемых испытуемому с показаниями авиагоризонта по крену в разной индикации. В общей сложности демонстрировалось 20 слайдов, по десять штук каждого типа попеременно, на которых заданный крен в 10, 20, 30, 40 и 50 градусов был представлен в обоих вариантах индикации. Задание предварялось инструкцией, в которой также подчёркивалось, что выполнить задание необходимо как можно быстрее и максимально точно» [2, с. 46]. В табл. 1 представлен перечень и условные обозначения оцениваемых показателей.

Для психологической диагностики были использованы тесты, определяющие социальные характеристики участников эксперимента:

- соционический тест «ММ-1» [10];
- типовой тест David West Keirsey [11].

Поскольку в концептуальных подходах, применённых в данных тестах, имеются существенные отличия [12; 13], было решено использовать оба теста совместно.

Для анализа результатов использовался язык программирования R^{7,8}. В работе были использованы корреляционный анализ [14] и G-критерий знаков [15].

В настоящем эксперименте приняло участие 50 студентов-пилотов Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации (СПбГУ ГА), 3–5 курсов обучения. Все участники проходили лётную и тренажёрную подготовку исключительно с использованием только лишь авиагоризонтов с «прямой» индикацией. То есть в отличие от участников эксперимента, который описан в работах [6; 7], авиагоризонты с «обратной» индикацией не являлись для них привычными, а скорее были «чуждыми».

Эксперимент проводился в два этапа.

На первом этапе (весной 2021 года) под руководством О. В. Ариничевой, А. Д. Войтиком и В. Д. Княжевой было обследовано 47 студентов пятого курса СПбГУ ГА специализации «Организация лётной работы». Его результаты были частично опубликованы в статьях [1; 2; 9].

⁷ Research & Statistical Support Services / University Information Technology. [Электронный ресурс]: <http://it.unt.edu/research>. Доступ 07.08.2022.

⁸ The Free Software Foundation. [Электронный ресурс]: <https://fsf.org/>. Доступ 07.08.2022.

Таблица 1
Оцениваемые в ходе эксперимента
показатели и их условное
обозначение [выполнено авторами]

Показатель	
L/R	направление крена
$N_{L/R}$	количество ошибок в определении направления крена
γ	значение угла крена в градусах
Δ_γ	среднее значение ошибки в определении угла крена в градусах
N_γ	количество ошибок в определении величины крена
N_s	общее количество ошибок ($N_{L/R} + N_\gamma$)
T	сумма затраченного времени

Примечание: все показатели оценивались для «прямой» (D) и «обратной» (R) индикаций, а также суммарно (S) по обоим.

На втором этапе (зимой-весной 2022 года) также под руководством О. В. Ариничевой, П. М. Лаврецким и В. С. Мезенцевым было обследовано ещё 40 студентов третьего и четвёртого курсов СПбГУ ГА специализации «Организация лётной работы».

В настоящем исследовании использованы данные лишь тех 50 (24+26) участников, у которых были выполнены оба соционических теста [10; 11]. Прочие использованные психодиагностические методики в данной статье не рассматриваются. Эксперимент проводился на добровольной основе, в соответствии с основными биоэтическими правилами⁹.

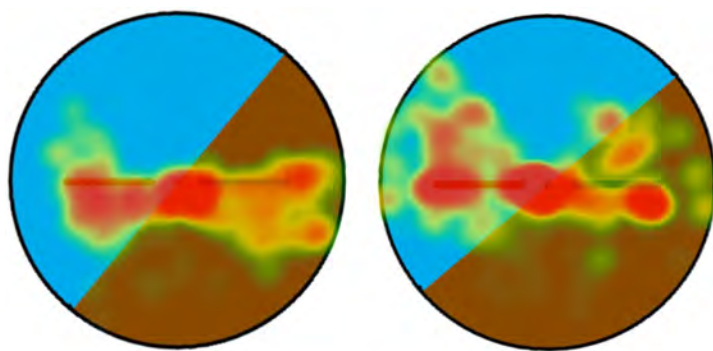
РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Следует отметить, что оба этапа эксперимента полностью подтвердили мнение В. В. Козлова [5], П. А. Коваленко [6; 7] и целого ряда других (например, [16–19]) исследователей о преимуществе «обратного» варианта индикации.

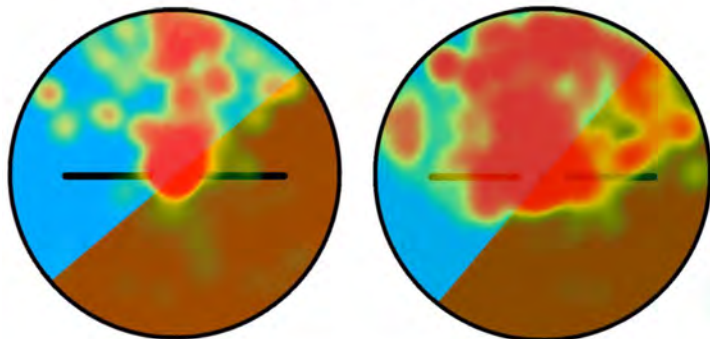
Если взять только рассмотренные здесь результаты 50 испытуемых, то среднее время, затраченное ими на один слайд, для «обратной» индикации меньше на 12 % или на полсекунды, чем для «прямой» ($T_D/10 - T_R/10 = 4,42 - 4,23 = 0,49$ с). И при этом количество ошибок в определении крена для «обратной» индикации на 6 % меньше, и на 11 % меньше среднее значение ошибки в определении угла крена (Δ_γ), из расчёта на одну ошибку в определении оно. В целом, из 50 участников у 21

⁹ Ушаков Е. В. Биоэтика: учебник и практикум для вузов. – М.: Юрайт, 2019. – 306 с. ISBN 978-5-534-01550-8.





а) наиболее характерные тепловые карты участников



б) нехарактерные тепловые карты

Рис. 2. Примеры тепловых карт, сформированных по всему заданию в целом [выполнено авторами].

против 10 меньше ошибок в определении угла крена (N_y) по «обратной» нежели по «прямой» индикации (у 19 человек число ошибок одинаково). Следовательно, по G-критерию знаков [15] можно, считая замеры по «прямой» и «обратной» индикациям как «разные показатели одних и тех же испытуемых» [15, с. 76], для уровня статистической значимости $p \leq 0,05$ [15, с. 323], преобладание «типичного» сдвига в точности определения угла крена для «обратной» индикации по отношению к «прямой» принимать достоверным ($G_{\text{эмп.}} = 10 \leq 10 = G_{\text{кр},0,05}$).

Но данные отличия между результатами эксперимента по «прямой» и «обратной» индикациями при всей их важности не идут ни в какое сравнение с тем, что выявилось по различию величин $N_{L/RD} = 35$ у 11 человек, и $N_{L/RR} = 5$ у 4 человек. Разница в семь раз (!!) по числу ошибок и почти в три раза (!) по числу ошибившихся – это весьма существенно. Результат в 7 % ошибок при «прямой» индикации меньше, чем 16,4 % в аналогичном эксперименте [7], но, поскольку условия экспериментов не идентичны, то можно говорить лишь о том, что налицо одинаковые тенденции.

Получается, что студенты, использовавшие в ходе учёбы исключительно авиагоризонты с «прямой» индикацией, в большинстве своём быстрее и точнее пользовались индикацией «обратной». А ведь всего одна ошибка восприятия показаний авиагоризонта в пермском авиационном происшествии оказалась фатальной.

Применение в эксперименте Eye Tracker «позволило выявить целый ряд моментов, которые представляется целесообразным исследовать в дальнейшем: полученные тепловые карты, где отображаются зоны преимущественной фиксации внимания участников в ходе выполнения задания (см. рис. 2), имеют достаточно любопытный характер» [1]. Тепловые карты и 47 участников (пятый курс) первого этапа эксперимента, и 40 участников второго этапа (третий и четвёртый курс) показали, что и в той, и в другой выборках присутствовали люди, у которых зоны распределения внимания, имеют выраженные отличия от распределения, характерного для основной массы участников. В большинстве случаев «основные зоны направленного внимания при обоих типах индикациях распола-

Таблица 2

Ряд корреляций между данными, полученными с помощью Eye Tracker [выполнено авторами]

Первая величина	Вторая величина	$r_{\text{корр}}$	Вывод о силе корреляции	Вывод о значимости корреляции	
T_D	N_{SD}	+0,4299	умеренная	$p \leq 0,01$	высоко значимая
T_D	N_{LRD}	+0,3099	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_D	N_{TD}	+0,3501	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_D	Δ_{TD}	-0,2880	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
T_R	N_{RR}	+0,3573	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_R	N_{LRR}	-0,2461	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
T_R	N_{RR}	+0,3217	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_R	Δ_{RR}	+0,0607	очень слабая	$p > 0,01$	незначимая
T_S	N_{SS}	+0,3805	умеренная	$p \leq 0,01$	высоко значимая
T_S	N_{LRS}	+0,2944	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
T_S	N_{TS}	+0,3127	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_S	Δ_{TS}	-0,2461	слабая	$p > 0,01$	незначимая
N_{TD}	Δ_{TD}	+0,1977	очень слабая	$p > 0,01$	незначимая
N_{RR}	Δ_{RR}	+0,3610	умеренная	$p \leq 0,01$	высоко значимая
N_{TS}	Δ_{TS}	+0,1500	очень слабая	$p > 0,01$	незначимая

гались вдоль стилизованного изображения силуэта самолёта (рис. 2а). Однако в некоторых случаях расположения этих зон имеют явные отличия, например, располагаются перпендикулярно силуэту самолёта или же расплываются по всему верхнему полукругу (рис. 2б). Особенно данные различия заметны на тепловых картах участников, сформированных по всему заданию в целом» [2, с. 47; 9, с. 286].

Следует также обратить внимание и на «факт превалирующей концентрации внимания испытуемых на верхней части экрана монитора» [2, с. 48] зафиксированного также на обоих этапах эксперимента, что подтверждает наблюдения, отмеченные в нашей работе [20]. Это хорошо видно на рис. 2.

В табл. 2 приведены некоторые корреляции между данными, которые были получены с помощью Eye Tracker, точнее, с помощью используемого при этом специального компьютерного продукта, разработанного А. П. Плясовских, позволившего, в частности, с высокой точностью фиксировать временные промежутки, затраченные испытуемым на ту или иную операцию.

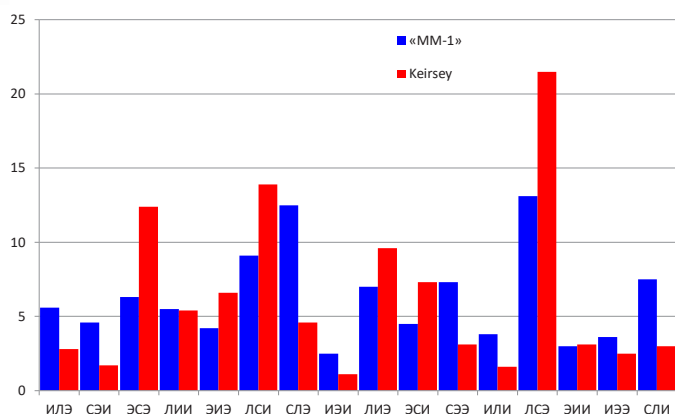
Как хорошо видно из результатов, представленных в табл. 2, особенно же чётко для «прямой» индикации (индекс D) наблюдается «парадоксальная» картина – чем больше времени тратится на просмотр слайда (испытуемые регулировали время сами), тем больше ошибок допущено.

Результаты эксперимента вообще серьёзно настораживают. Так один из участников смог из десяти слайдов с «прямой» индикацией крена ошибиться с определением стороны крена девять (!!!) раз. Двое других участников также допустили по восемь и шесть ошибок из десяти соответственно. При этом все трое затратили не рекордное, но более продолжительное (больше чем в 1,5 раза) время на просмотр слайда. Что это? Нежелание напрягаться? Или всё же явные недостатки профессионального психологического отбора, о которых мы уже не раз писали [21; 22].

Также в рамках данного исследования, была выдвинута гипотеза о том, что одним из предикторов, которые влияют на правильность восприятия пилотом и интерпретации им визуальной приборной информации могут служить его соционические характеристики. Ведь считается, что соционика определяет тип информационного метаболизма (ТИМ), т.е. «способ обмена информацией некой системы с окружающей её средой, определяющий процессы получения, обработки и передачи вовне информации и преобладающую направленность этих процессов» [12; 23]. Для проверки этой гипотезы все участники прошли психодиагностическое обследование тестами «ММ-1» [10] и Keirsey [11]. Полученные соционические модели обследованной группы показаны на рис. 3.

Хотя модели, полученные по этим двум разным тестам явно внешне отличаются, между ними имеется высоко значимая корреляция.





Здесь типы информационного метаболизма (ТИМ) или социотипы:

ЛСЭ – логико-сенсорный экстраверт;	СЛЭ – сенсорно-логический экстраверт;
ЛСИ – логико-сенсорный интроверт;	СЛИ – сенсорно-логический интроверт;
ЛИЭ – логико-интуитивный экстраверт;	ИЛЭ – интуитивно-логический экстраверт;
ЛИИ – логико-интуитивный интроверт;	ИЛИ – интуитивно-логический интроверт;
ЭСЭ – этико-сенсорный экстраверт;	СЭЭ – сенсорно-этический экстраверт;
ЭСИ – этико-сенсорный интроверт;	СЭИ – сенсорно-этический интроверт;
ЭЛЭ – этико-интуитивный экстраверт;	ИЭЭ – интуитивно-этический экстраверт;
ЭЛИ – этико-интуитивный интроверт;	ИЭИ – интуитивно-этический интроверт;

Рис. 3. Соционические модели обследованной группы [выполнено авторами].

ляция средней силы ($0,5 < r_{\text{корр}} = 0,6495 < 0,7$; $N_{\text{кр},0,001} = 2,87 > N_{\text{факт}} = 2,52 > 2,41 = N_{\text{кр},0,01}$, то есть $p \leq 0,01$) [14; 15; 24].

Подтвердить гипотезу о том, что соционические характеристики влияют на правильность восприятия пилотом и интерпретации им визуальной приборной информации не удалось. Как видно из табл. 3, даже значимые корреляции между данными, полученными с помощью Eye Tracker (а точнее, как уже упоминалось, с помощью программы обработки его данных), и соционическими характеристиками по силе оных не превышают умеренной ($0,5 < r_{\text{корр}} < 0,7$).

Наихудшие результаты по затраченному времени получились у испытуемых, в соционической модели которых преобладает сенсорная составляющая ($M_{\text{СИ}}$).

ВЫВОДЫ

Полностью подтвердились приведённые рядом авторов [5–7; 16–18] доводы в пользу «обратного» варианта индикации. Количество ошибок у лиц, участвующих в настоящем эксперименте, при определении стороны крена при использовании «прямой» индикации авиагоризонта оказалось в семь раз выше, чем при использовании индикации «обратной».

Не была подтверждена гипотеза о том, что соционические характеристики являются предикторами правильности восприятия пи-

лотом и интерпретации им визуальной приборной информации. Более того, худшие показатели пилотов-сенсорики явно не соответствуют теоретическим предпосылкам, поскольку (по соционической теории [25]) это «люди ощущений с хорошо развитой пространственной ориентацией благодаря надёжной системе органов чувств».

Возможно, на отсутствие значимых корреляций повлияло и значительное однообразие в соционических характеристиках испытуемых. Та же сенсорная составляющая в соционической модели группы испытуемых по тесту Keirsey равна 67,5 %, а по тесту «ММ-1» – 64,9 %. Ясно, что любые флюктуации при этом будут отражаться на корреляциях. Но скорее всего, следует принять во внимание то, как пишет В. В. Козлов, что «есть люди, для которых прямой вид индикации крена «роднее», и они без затруднений по таким авиагоризонтам определяют пространственное положение ВС. Наоборот, по авиагоризонту с обратной индикацией крена им это сделать сложнее. Следовательно, у части людей врождённые психические механизмы пространственной ориентировки имеют не геоцентрическую систему координат (я подвижен, а земля неподвижна), а эгоцентрическую (я неподвижен, а земля подвижна). Хорошо это или плохо сказать нельзя. Однако, по данным ряда исследо-

Таблица 3

Наиболее значимые корреляции между данными, полученными с помощью Eye Tracker и соционическими характеристиками [выполнено авторами]

Первая величина	Вторая величина	$r_{\text{корр}}$	Вывод о силе корреляции	Вывод о значимости корреляции	
T_s	$K_{\text{или}}$	-0,3127	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_s	$K_{\text{эни}}$	-0,2967	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
T_s	$M_{\text{слэ}}$	+0,3040	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_s	$M_{\text{си}}$	+0,3175	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_D	$K_{\text{лиэ}}$	+0,3223	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_D	$M_{\text{слэ}}$	+0,3252	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_D	$M_{\text{си}}$	+0,2794	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
T_D	ξ_M	-0,2890	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
T_R	$K_{\text{или}}$	-0,3420	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
T_R	$K_{\text{эни}}$	-0,2994	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
T_R	$M_{\text{си}}$	+0,3192	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
N_{ES}	$K_{\text{лиэ}}$	+0,2914	слабая	$p \leq 0,05$	значимая
N_{LRS}	$K_{\text{лиэ}}$	+0,3095	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая
N_{SD}	$K_{\text{лиэ}}$	+0,3685	умеренная	$p \leq 0,01$	высоко значимая
$N_{\text{L/RD}}$	$K_{\text{лиэ}}$	+0,3486	умеренная	$p \leq 0,05$	значимая

Примечание: К и М – составляющие соционической модели человека (СМЧ) [12] по тесту Keirsey и тесту «ММ-1» соответственно, индекс при них – это ТИМ, к которому относится соответствующая составляющая СМЧ, а ξ_M – коэффициент пригодности по соционическим характеристикам (по тесту «ММ-1») [12].

ваний, людей с эгоцентрической системой координат значительно меньше и составляют они до 15–20 %. Становится очевидным, что, создавая авиагоризонты с прямой индикацией крена, мы идём против природы тех, у кого в психике заложена геоцентрическая система координат. И наоборот, применение авиагоризонтов с обратной индикацией создаёт трудности при их эксплуатации тем лётчикам, у кого психика функционирует в эгоцентрической системе координат» [5, с. 109–110].

Можно предположить, что данная система координат, возможно, никак не связана или связана очень слабо с соционическими характеристиками. Этот вопрос ещё подлежит исследованию.

Однако авторы полностью присоединяются к выводам, полученным в работах [5–7]:

1. «Полученные результаты свидетельствуют о порочности концепции «прямой» индикации крена и необходимости её замены на «обратную» индикацию на всех ВС гражданской авиации» [6, № 5, с. 25; 7, с. 104].

2. «В авиацию необходимо отбирать людей только с геоцентрической системой координат в функционировании психических механизмов пространственной ориентировки. С этой

целью при профессиональном психологическом отборе использовать специальный тест» [5, с. 110].

3. «Установить на ВС авиагоризонты с обратным видом индикации крена, соответствующим функционированию психических механизмов пространственной ориентировки у людей с геоцентрической системой координат» [5, с. 110].

Проведённые нами исследования, хотя они, разумеется, требуют своего продолжения, продемонстрировали целесообразность ряда направлений в изучении данного вопроса.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Войтик А. Д. Разные типы индикации крена и их восприятие пилотом // Проблемы лётной эксплуатации и безопасность полётов. – 2021. – № 15. – С. 212–216. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48701658>. Доступ 07.08.2022.

2. Ариничева О. В., Лебедева Н. А., Малишевский А. В., Арефьев Р. О. Исследование ошибок определения крена с помощью авиагоризонтов с различными видами индикации // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации: Труды X Международной науч.-практ. конф. (Иркутск, 14–15 октября 2021) / Иркутский филиал Моск. гос. техн. ун-та гражданской авиации. – Иркутск, 2021. – С. 45–50. [Электронный ресурс]: http://if-mstuca.ru/konferenciia/images/Sborniki/Sbornik_X_NPK-2021_tom_2.pdf. Доступ 07.08.2022.



3. Aircraft accident report. China Airlines Boeing 747-SP. N4522V 300 nautical miles northwest of San Francisco, California February 19, 1985. National Transportation Safety Board. PB86-910403. NTSB/AAR-86/03. USA, Washington, D.C., 1986, 46 p. [Электронный ресурс]: <https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR8603.pdf>. Доступ 07.08.2022.
4. Алякринский Б. С. Основы авиационной психологии. – М.: Воздушный транспорт, 1985. – 312 с. [Электронный ресурс]: <https://rusist.info/book/5918799>. Доступ 07.08.2022.
5. Козлов В. В. Пилоту о пилоте от психофизиолога лётного труда. – М.: Белый ветер, 2017. – 256 с. [Электронный ресурс]: <https://avam-avia.ru/novosti/ochelovecheskom-faktore-dlya-pilotov>. Доступ 07.08.2022.
6. Коваленко П. А. Психологическое «дорасследование» влияния «прямой» индикации в авиагоризонтах на катастрофу самолёта Boeing-737 под Пермью // Проблемы безопасности полётов. – 2011. – № 2. – С. 9–28. № 3. – С. 10–28. № 4. – С. 11–28. № 5. – С. 9–28. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15595840>. Доступ 07.08.2022.
7. Коваленко П. А. Пагубное влияние «прямой» индикации в авиагоризонтах на катастрофу самолёта Boeing-737 14.09.08 г. под Пермью и другие авиапроисшествия. Психологическое «дорасследование». – М.: МГОУ, 2011. – 107 с. [Электронный ресурс]: <http://www.usability.ru/sources/Kovalenko-Aiagorizont-2011.pdf>. Доступ 07.08.2022.
8. Герасименкова А. Е., Гиренко И. Ю., Диброва А. А. [и др.]. Возможные пути совершенствования профессионального психологического отбора диспетчеров организации воздушного движения // Проблемы лётной эксплуатации и безопасности полётов. – 2018. – Т. 12. – С. 127–145. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36333041>. Доступ 07.08.2022.
9. Arinicheva O., Lebedeva N., Malishevskii A., Arefyev R. Attitude Indicators in Bank Angle Determination: A Study of Errors // Proceedings of 10th International Conference on Recent Advances in Civil Aviation / Editors: O. A. Gorbachev, X. Gao, B. Li. Singapore: Springer, 2022, pp. 281–289. DOI 10.1007/978-981-19-3788-0_24.
10. CRM России: Тренинг сильного командира (пятая редакция). Психодиагностика / сост.: А. В. Малишевский, Н. Ф. Михайлик. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд-во Академии гражданской авиации, 2000. – 40 с.
11. Keirsey, D. Please Understand Me II: Temperament, Character, Intelligence. Del Mar, CA, US: Prometheus Nemesis Book Company, 1998, 350 p. [Электронный ресурс]: <https://archive.org/details/pleaseunderstand00keir>. [Ограниченный доступ для подписчиков].
12. Лейченко С. Д., Малишевский А. В., Михайлик Н. Ф. Человеческий фактор в авиации: Монография в 2-х т. – Т. 2. – СПб.: ГУ ГА; Кировград: ГЛАУ, 2006. – 512 с. [Электронный ресурс]: <https://rusist.info/book/836911>. Доступ 29.09.2022.
13. Букалов А. В. О различии соционики и типологии Майерс-Бриггс // Соционика, ментология и психология личности. – 2003. – № 6 (51). – С. 62–64. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28359782>. Доступ 29.09.2022.
14. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учебник. – 11-е изд., стереотип. – М.: КноРус, 2010. – 664 с. ISBN 978-5-406-00476-0.
15. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. – СПб.: Социально-психологический центр, 1996. – 349 с. ISBN 5-9268-0010-2.
16. Григорьев И. И. Россия потеряла ориентировку в видах индикации на авиагоризонтах // Проблемы безопасности полётов. – 2011. – № 2. – С. 28–46. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15595841>. Доступ 29.09.2022.
17. Чунтул А. В. С какими авиагоризонтами летать безопаснее? // Проблемы безопасности полётов. – 2011. – № 4. – С. 29–40. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16326288>. Доступ 29.09.2022.
18. Земляной А. Ф. Рассмотрение вопроса прямой и обратной индикации пространственного положения ВС // Проблемы безопасности полётов. – 2013. – № 4. – С. 16–38. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19119487>. Доступ 29.09.2022.
19. Копысов В. Х. Индикация на авиагоризонтах // Научный вестник УИ ГА. – 2016. – № 8. – С. 19–24. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26727532>. Доступ 29.09.2022.
20. Arinicheva, O. V., Lebedeva, N. A., Malishevskii, A. V. Application of eye-tracking technology as a diagnostic tool for assessing flight operators. Part 1: Analyse of flight operators' attention distribution and switching using eye-tracking. Transport Problems, 2020, Vol. 15, Iss. 3, pp. 167–179. DOI: 10.21307/tp-2020-042.
21. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Недостатки существующего профессионального отбора пилотов и проблема его совершенствования // Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. – № 6. – С. 41–51. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26254884>. Доступ 07.08.2022.
22. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Профессиональный отбор персонала: не устарело ли «Руководство» 2001 года // Аэропорт-партнёр. – 2017. – № 5 (119). – С. 24–27.
23. Ариничева О. В., Малишевский А. В. Назад к Юнгу: являются ли авторы данной статьи социониками? // Соционика, ментология и психология личности. – 2017. – № 2. – С. 42–51. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29827179>. Доступ 07.08.2022.
24. Румшицкий Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 192 с. [Электронный ресурс]: <https://lib-bkm.ru/10016>. Доступ 07.08.2022.
25. Аугустинавичюте А. Соционика. – М.: Чёрная белка, 2016. – 464 с. ISBN 978-5-91827-023-3. ●

Информация об авторах:

Ариничева Ольга Викторовна – кандидат технических наук, доцент кафедры лётной эксплуатации и безопасности полётов в гражданской авиации, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации (СПбГУ ГА), Санкт-Петербург, Россия, 2067535@mail.ru.

Малишевский Алексей Валерьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры лётной эксплуатации и безопасности полётов в гражданской авиации, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации (СПбГУ ГА), Санкт-Петербург, Россия, 9909395@bk.ru.

Статья поступила в редакцию 05.08.2022, актуализирована 14.11.2022, одобрена после рецензирования 18.11.2022, принята к публикации 21.11.2022.



БОЛЬШОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ «РЫВОК»

Влияние вектора и темпов
экономического развития России
на железнодорожные перевозки:
от первой российской железной
дороги до масштабной сети.



КОЛЕСО ИСТОРИИ

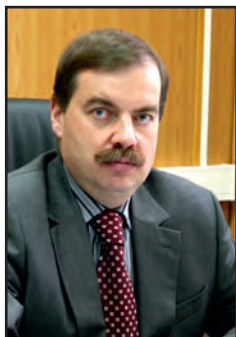


НОВОСТИ СПУСТЯ 110 ЛЕТ

Какие вопросы железнодорожного
транспорта попадали на страницы
газет и научных журналов.



Развитие железнодорожной сети и «большой экономической рывок» в России



Дмитрий МАЧЕРЕТ

Дмитрий Александрович Мачерет

Объединённый учёный совет ОАО «РЖД», Российский университет транспорта, Москва, Россия.

✉ macheretda@rambler.ru.

АННОТАЦИЯ

Железнодорожный транспорт оказывает весьма существенное влияние на развитие экономики и общества. Целью описанного в статье исследования является выявление с использованием методов исторического и статистического анализа взаимосвязи развития сети российских железных дорог и «большого экономического рывка», который происходил с 1885 по 1914 год и вывел страну на принципиально более высокий уровень развития.

Анализ начал с рассмотрения предшествующего периода 1861–1884 годов, в ходе которого были проведены кардинальные институциональные преобразования и создана масштабная железнодорожная сеть, соединившая между собой все основные экономические районы Европейской части России. Благодаря этому уже тогда были обеспечены высокие темпы промышленного роста, однако он был весьма волатильным.

Выявлено, что в период «большого экономического рывка» удалось реализовать не только ускорение, но и повышение устойчивости экономического развития. Эти результаты базировались на том, что к началу

«большого экономического рывка» был достигнут критически важный уровень обеспеченности населения железнодорожной инфраструктурой, а в ходе его реализации продолжалось динамичное развитие железнодорожного транспорта и повышалась интенсивность использования железнодорожной сети. Важное значение имела синергия институционального и транспортно-инфраструктурного развития. Благодаря ей российская экономика в период «большого экономического рывка» стала мировым рекордсменом по темпам роста промышленного производства и производительности труда, также был достигнут значительный рост индекса развития человеческого потенциала.

Таким образом, исследование взаимосвязи развития сети железных дорог и «большого экономического рывка» в России в конце XIX – начале XX века показало важность синергии институционального и инфраструктурно-транспортного развития для успешной экономической и общественной модернизации и ключевую роль, которую сыграл в этом железнодорожный транспорт.

Ключевые слова: железные дороги, «большой экономический рывок», институциональные преобразования, промышленный рост, инфраструктурное развитие, модернизация, мобильность населения, экономика транспорта, история транспорта.

Для цитирования: Мачерет Д. А. Развитие железнодорожной сети и «большой экономической рывок» в России // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 104–112. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-12>.

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

ВВЕДЕНИЕ

185 лет назад в России была открыта первая железная дорога – Царскосельская. Небольшая по протяжённости (около 27 км), она, конечно, не могла существенно изменить транспортное обеспечение огромной страны. Однако её сооружение и начало эксплуатации были первым, принципиально важным, шагом к созданию сети российских железных дорог – «того вида транспортных коммуникаций, в неразрывном единстве с которым формировалась российская экономика и культура» [1, с. 163] в последующие уже почти два столетия.

Царскосельская дорога «во многом определила перспективы развития и становления традиций железных дорог в России... Её строительство доказало, что климат северной России не может помешать регулярной работе железных дорог» [2, с. 118]. Это можно назвать главным результатом сооружения и эксплуатации дороги. Но далеко не единственным. Следует отметить и такие важные результаты, как:

- приобретение опыта эксплуатации первых паровозов;
- решение ряда инженерных вопросов, необходимых для строительства железных дорог в условиях разных местностей России;
- использование щебёночного балласта;
- выработка механизмов финансирования строительства железных дорог и отчуждения земель, необходимых для этого строительства;
- внедрение стрелочных переводов и сигнализации;
- и, наконец, «родилась своеобразная, ни с чем не сравнимая служебная железнодорожная архитектура» [2, с. 121].

В это время строительство железных дорог было ключевым фактором индустриального развития и, в целом, социально-экономической модернизации, что подчёркивается рядом исследователей [3–9]. А для России, с учётом огромных пространств страны, развитие железных дорог было особенно важно [10, с. 322].

Различные аспекты влияния железнодорожного транспорта на развитие экономики и общества нашей страны отражены во многих исследованиях, в частности [10–16]. В данной работе внимание будет сфокусировано на взаимосвязи развития сети российских железных дорог и «большого экономи-

ческого рывка» [17, с. 469], который происходил с 1885 по 1914 год и вывел страну на принципиально более высокий уровень развития. Для выявления и оценки этой взаимосвязи использованы *методы* исторического и статистического анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Институциональные преобразования и создание железнодорожной сети, предшествующие «большому экономическому рывку»

Рассмотрение заявленной темы следует начать с предшествующего периода 1861–1884 годов, в ходе которого были проведены кардинальные институциональные преобразования (в отечественной историографии они получили название «Великих реформ» Александра II [18, с. 435]) и создана масштабная железнодорожная сеть, соединившая все основные экономические районы Европейской части России между собой и с морскими портами, позволившая «начать решительный переход от экстенсивных приёмов и форм натурального хозяйства к интенсивным методам капиталистического производства в крупных размерах» [19, с. 67].

Важнейшими институциональными преобразованиями, проведёнными в 1860–1870-е годы, были крестьянская, земская, судебная и военная реформы. Кроме того, были проведены финансовые реформы, реформы в области образования и городского управления [18, с. 435–436]. Помимо того, что проведённые реформы создавали условия для коренной модернизации экономики и общественной жизни, они имели принципиально важное значение для развития железных дорог. В частности, одним из результатов финансовых реформ стало превращение Министерства финансов в единственного распорядителя всех государственных доходов и расходов, что сыграло важную роль в финансировании железнодорожного строительства. А созданные в результате земской реформы местные органы власти на губернском и уездном уровнях играли в нём активную, хотя, нередко, и неоднозначную роль [20].

Для обеспечения высоких темпов железнодорожного строительства важное значение имело формирование специального института железнодорожных концессий, т.е. механизма своего рода государственно-частного партнёрства, позволявшего привлекать част-



Таблица 1

Показатели динамики промышленного производства в Российской империи, 1861–1914 гг.

Периоды		Индекс промышленного производства в год, предшествующий началу периода, %	Среднегодовой темп прироста промышленного производства, %	Показатели вариации динамики промышленного производства, процентных пунктов	
				Размах вариации	Среднее линейное отклонение
Период институциональных преобразований, предшествующий «большому экономическому рывку» (1861–1884 годы)		100	4,7	61,6	9,3
Период «большого экономического рывка» (1885–1914 годы)		300,6	5,9	16,9	2,7
В том числе:	I этап (1885–1900 годы)	300,6	7,4	9,1	2,6
	Стагнация (1901–1905 годы)	939,5	1,15	11,1	3,0
	II этап (1906–1914 годы)	994,5	6,0	5,2	1,4

Источник: рассчитано автором по данным [22].

Таблица 2

Показатели развития железнодорожной сети в Российской империи, 1861–1914 годы

Периоды		Протяжённость железнодорожной сети в год, предшествующий началу периода, тыс. км	Среднегодовой ввод железных дорог, км	Среднегодовой темп прироста протяжённости железнодорожной сети, %	Показатели вариации ввода железных дорог, км	
					Размах вариации	Среднее линейное отклонение
Период институциональных преобразований, предшествующий «большому экономическому рывку» (1861–1884 годы)		1,6	967	12,15	2856	642
Период «большого экономического рывка» (1885–1914 годы)		24,8	1521	3,5	5171	857
В том числе:	I этап (1885–1900 годы)	24,8	1762	4,9	5171	1006
	Стагнация (1901–1905 годы)	53,0	1571	2,8	2417	646
	II этап (1906–1914 годы)	60,8	1064	1,6	2333	635

Источник: рассчитано автором по данным [23].

ные капиталы, в том числе с мирового рынка, под правительственные гарантии [20; 21].

Благодаря указанным институциональным преобразованиям, в период 1861–1884 годов были обеспечены высокие темпы промышленного развития (табл. 1) и развернуто масштабное железнодорожное строительство. Если на конец 1860 года вся российская железнодорожная сеть составляла около 1,6 тыс. км, то в указанный период ежегодно вводилась в эксплуатацию почти 1 тыс. км железных дорог

(табл. 2). В целом за рассматриваемый период промышленное производство возросло более чем в три раза, а протяжённость железнодорожной сети – 15,5 раз.

Безусловно, с учётом невысоких стартовых позиций, страна нуждалась в дальнейшем и ещё более быстром индустриальном развитии. Опережающий, по сравнению с динамикой промышленного производства, рост протяжённости железнодорожной сети создавал для такого ускорения инфраструктурную



основу, что является наглядным проявлением закона опережающего развития транспортной инфраструктуры [24]. Следует отметить, что, при весьма высоком среднегодовом приросте промышленного производства в 1861–1884 годах, показатели вариации [25, с. 106] его динамики свидетельствуют о волатильности промышленного роста. Размах вариации годовых темпов промышленного роста превышал 60 процентных пунктов, а их усреднённое отклонение от среднегодового темпа прироста, взятое по абсолютной величине, практически вдвое превышала его (табл. 1). Безусловно, желательным было не только ускорение, но и повышение устойчивости промышленного роста, что удалось реализовать в период «большого экономического рывка».

Промышленный рост и развитие железных дорог в годы «большого экономического рывка»

К началу «большого экономического рывка», в России была создана сеть железных дорог общей протяжённостью почти 25 тыс. км, и достигнут уровень транспортной обеспеченности населения, превышающий 2 км/10 тыс. жителей, что, как установлено в работах [15; 26], являлось критически важной величиной для кардинальной экономической и социальной модернизации.

В ходе «большого экономического рывка» темпы роста промышленного производства существенно увеличились, а их волатильность кардинально снизилась (см. табл. 1),

т.е. устойчивость экономического развития качественно возросла. При этом данный период не был однороден: в нем выделяются два этапа динамичного роста и разделяющий их период стагнации 1901–1905 годов [17, с. 467].

Что касается первого этапа «большого экономического рывка» (1885–1900 годы), то не только его начало было, во многом, обусловлено предшествующим созданием значительной железнодорожной сети, но и весь его дальнейший ход теснейшим образом связан с развитием железнодорожной отрасли. Среднегодовой ввод железнодорожных линий по сравнению с периодом 1861–1884 годов возрос в 1,8 раза, а в 1899 году в эксплуатацию было введено свыше 5 тыс. км железнодорожных линий [23, с. 35], что является рекордным показателем за всю историю нашей страны. В результате общая протяжённость железнодорожной сети за время первого этапа «большого рывка» более чем удвоилась. При этом не только возросла густота железных дорог в Европейской части страны, но и развернулось активное железнодорожное строительство в Сибири, Забайкалье, Средней Азии [27, с. 90–102].

Обеспечивая надёжные взаимосвязи различных, в том числе – весьма отдалённых, регионов России, железнодорожный транспорт стал главным фактором интенсивного процесса «складывания единой системы народного хозяйства страны, основанного на устойчивой специализации отдельных районов и разделении труда между ними» [28,





с. 275]. Повышались товарность и специализация сельскохозяйственного производства [10; 29], бурно развивался внутренний рынок, резко возросли темпы урбанизации [26; 28]. Кроме того, заказы, связанные со строительством и всё более интенсивной эксплуатацией железных дорог, непосредственно стимулировали развитие промышленности и, прежде всего, важнейшие для той эпохи отрасли – добычу угля и нефти, чёрную металлургию, машиностроение. Если «в середине 1860-х гг. рельсовое производство в России практически отсутствовало, паровозы делал один Александровский завод (несколько штук в год), ... почти все русские дороги были построены из иностранных материалов» [10, с. 274], то уже в период первого этапа «большого рывка» наблюдалась совсем иная картина. Российское паровозостроение «почти полностью удовлетворяло гигантски возросшие потребности железнодорожного транспорта», а «российское вагоностроение полностью покрывало возросший внутренний спрос на вагоны» [28, с. 279, 282]. Производство паровозов, составлявшее в 1865 году менее 10 единиц, к 1900 году возросло до 1005, грузовых вагонов, за тот же период, с 201 до 30596, пассажирских – с 10 до 1284 единиц [28, с. 306]. В 1890-е годы железнодорожный транспорт «потреблял от 54 до 65 % всего производства железа и стали российской металлургии» [28, с. 277], которая, откликаясь на растущий спрос со стороны железных дорог, динамично развивалась. Так, выплавка стали с 1865 по 1900 год воз-

росла в 562 раза, чугуна – в 9,8 раза, а производство рельсов – более чем в 21,5 раза [28, с. 305].

Столь значимая роль железнодорожных заказов в стимулировании промышленного производства даёт основания для вывода о том, что начавшаяся с 1901 года стагнация «по всей видимости, в значительной мере была связана с завершением основных работ по строительству Транссибирской магистрали, стимулировавших рост экономики в предыдущие годы» [30, с. 141]. Действительно, после отмеченного выше рекордного ввода железнодорожных линий в 1899 году, в дальнейшем он сократился, однако и в 1900, и в 1901 годах был весьма значительным – свыше трёх тыс. км в год. Экономическая стагнация, безусловно, была связана с мировым финансовым кризисом, вызванным кредитной экспансией при заниженной ставке процента, что приводило к неэффективным инвестициям [29, с. 230]. Снижение объёмов железнодорожных заказов, вероятно, послужило дополнительным толчком к завершению первого этапа «большого рывка», однако, рано или поздно, аннулирование сформированного благодаря спекулятивному росту «фиктивного капитала», сопровождающееся спадом и в отраслях реального сектора экономики, было неизбежно [31–33]. Однако даже в годы стагнации среднегодовые темпы роста промышленного производства оставались положительными (см. табл. 1), а среднегодовой ввод железных дорог лишь незначительно снизился к уровню первого этапа

Таблица 3

Динамика грузооборота и грузонапряжённости на сети железных дорог Российской империи в годы «большого экономического рывка» и в предшествующий период

Годы	Грузооборот		Грузонапряжённость	
	млн т•км	индекс роста	тыс. т•км/км	индекс роста
1865	571	1	151	1
1885	11236	19,7	435	2,9
1900	36662	64,2	692	4,6
1907	42932	75,2	659	4,4
1913	65670	115,0	951	6,3

Источник: рассчитано автором по данным [23; 28; 35].

Таблица 4

Динамика пассажирооборота железных дорог и подвижности населения Российской империи в годы «большого экономического рывка»

Годы	Пассажирооборот		Подвижность населения при перемещении по железным дорогам	
	млн пасс•км	индекс роста	пасс•км/чел	индекс роста
1885	3,3	1	30,3	1
1900	9,7	2,9	72,9	2,4
1907	13,9	4,2	93,3	3,1
1913	22,3	6,8	130,4	4,3

Источник: составлено и рассчитано автором по данным [26; 35].

«большого рывка», по-прежнему превышая 1,5 тыс. км (см. табл. 2). Примечательно, что в этот период среднегодовой темп прироста протяжённости железнодорожной сети вновь, как и в годы, предшествующие «большому рывку», примерно в 2,5 раза опережал темп прироста промышленного производства, благодаря чему к концу экономической стагнации протяжённость железнодорожной сети превысила 60 тыс. км. Это ещё один пример действия закона опережающего развития транспортной инфраструктуры – в условиях замедления темпов экономического роста обеспечение высокой динамики инфраструктурного развития создаёт основу для нового подъёма.

Поэтому, соглашаясь с мнением, что подъём, достигнутый на первом этапе «большого рывка», «позволил серьёзно увеличить объём основного капитала страны», что заложило «основу для успешного функционирования российской промышленности на втором этапе экономического рывка, в период с 1906 по 1914 год» [17, с. 468–469], его следует дополнить. Именно развитие железнодорожного транспорта, динамично продолжавшееся даже в годы стагнации, и вложенный в него капитал сыграли ключевую роль в формировании условий для второго этапа «экономического рывка».

Этот вывод, конечно, ни в коей мере не умаляет значения институциональных изме-

нений, обусловивших осуществление второго этапа «большого рывка». «Самым важным мероприятием, проведённым в области экономики, стала столыпинская реформа», которая дала возможность крестьянам получить землю в собственность, а также «право продавать свою землю и использовать вырученные деньги на обустройство в городе» [17, с. 167]. Обустроиться можно было и на землях Сибири и Дальнего Востока, имевших большой потенциал для хозяйственного развития и проявления частной инициативы. Но возможность относительно просто переселиться и в город (не обязательно в ближайший, а в тот, где перспективы представлялись лучшими), и за Урал была обусловлена наличием «обширной сети железных дорог, в том числе... Транссиба» [34, с. 95], т.е. налицо синергия институционального и транспортно-инфраструктурного развития.

В ходе второго этапа «большого экономического рывка» динамика промышленного производства была, хотя и несколько ниже, чем на первом этапе, но гораздо устойчивее – волатильность его темпов значительно сократилась (см. табл. 1). Темпы строительства новых железных дорог существенно снизились (см. табл. 2), однако в среднем за год вводилось более 1 тыс. км железнодорожных линий. При этом темп среднегодового прироста грузооборота составлял около 7 %, т.е. был выше динамики промышленного произ-





водства. Другими словами, железнодорожный транспорт по-прежнему развивался ускоренно, но уже в большей степени не за счёт расширения сети, а за счёт более интенсивного её использования, роста грузонапряжённости (табл. 3).

Важно отметить, что, при всём значении железнодорожных перевозок хлебных грузов, как на экспорт, так и для внутреннего рынка, в грузообороте преобладали промышленные товары. При этом доля угля – важнейшего в ту эпоху вида энергетического и промышленного сырья [36] – возросла с примерно 10 % общего грузооборота в начале периода «великого экономического рывка» до 20 % к его концу [35].

Долгосрочный рост грузооборота опережал увеличение объёмов перевозок грузов благодаря росту дальности перевозок. Если в 1870 году средняя дальность перевозок грузов составляла около 300 км [28; 29], то на втором этапе «великого рывка» – около 500 км [35]. Это означает, что тенденция долгосрочного увеличения средней дальности перевозок, характерная для крупнейших железнодорожных систем в течение последнего столетия и, прежде всего, в периоды стабильного развития экономики [37, с. 148–149], и имеющая важное значение для экономического роста, проявилась на российских железных дорогах уже во второй половине XIX – начале XX века.

Пассажирооборот, в свою очередь, рос гораздо быстрее численности населения (прирост которого имел, кстати, очень высокую динамику [38]), что свидетельствовало о росте мобильности населения – одного из ключевых факторов экономического роста

[26] и индикатора социальной модернизации [14]. Наиболее релевантно отражающий этот процесс показатель подвижности населения, определяемый как отношение пассажирооборота к общей численности населения страны, продемонстрировал за период «великого экономического рывка» более чем четырёхкратный рост (табл. 4).

Следует отметить, что рост мобильности населения был обусловлен не только развитием железнодорожной сети и повышением благосостояния, но также введением дифференцированных пассажирских тарифов и реформой паспортного законодательства в 1894 году, а также созданием в 1896 году специальных тарифов для ближнего сообщения, которые были на треть ниже, чем для дальнего [14].

Очень хорошая общая характеристика роли железных дорог в социальном и экономическом развитии в ходе второго этапа «великого экономического рывка» приведена в [10, с. 823]: «Росту городов и промышленности помогала ... правильная постановка железнодорожного хозяйства. Железные дороги отлично обслуживали интересы населения и в то же время не ложились бременем на казну. Дешёвые дифференциальные тарифы для пассажиров и товаров очень помогли быстрому экономическому и просветительному росту».

В годы второго этапа «большого экономического рывка» «произошло окончательное формирование традиций национальных железнодорожных перевозок. Сложившаяся мощная капиталистическая экономика ... определила характер товарного движения по

русским железным дорогам. В целом потребности в перевозках грузов железные дороги России перед Первой мировой войной безусловно удовлетворяли» [2, с. 476, 478].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В период «большого экономического рывка» российская экономика была «абсолютным рекордсменом как по темпам роста промышленного выпуска, так и по темпам роста производительности труда» [39, с. 488]. Благодаря этому она заняла пятое место в мире по объёму промышленного производства, став при этом одним из лидеров по техническому уровню промышленности; четвертое место в мире по производству машин и величине национального дохода; третье место – по величине национального богатства [40, с. 361]. Но улучшались не только чисто экономические показатели, рос человеческий потенциал – главное богатство современного общества. Индекс развития человеческого потенциала, который учитывает среднелюдской ВВП, уровень образования и среднюю продолжительность жизни, вырос за этот период примерно в 1,5 раза [39, с. 337].

По оценкам современных исследователей, при продолжении сформировавшихся трендов развития «Россию отделяло всего лишь несколько десятилетий от превращения в процветающую во всех отношениях экономику» [41, с. 248].

При этом страна располагала второй по протяжённости в мире железнодорожной сетью [35], которая продолжала динамично расширяться и весьма интенсивно использовалась: грузонапряжённость была сопоставима с железными дорогами США и Великобритании и существенно превосходила железные дороги Франции, Италии и Японии [42].

Высокий уровень развития железных дорог был ключевым фактором достигнутых социально-экономических результатов. «Большой экономический рывок» России в конце XIX–начале XX века показывает важность синергии институционального и инфраструктурно-транспортного развития для успешной экономической и общественной модернизации, выхода страны на качественно более высокий уровень социально-экономического развития, демонстрируя ключевую роль, которую сыграли в этом российские железные дороги.

В XX столетии, когда железнодорожный транспорт вступил в стадию инновационного ренессанса [43], вновь возрастает социально-экономическая значимость его развития, обеспечиваемого на инновационной основе с учётом синергии и конвергенции с принципиально новыми транспортными системами и технологиями [44–46].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гольц Г. А. Культура, экономика, транспорт: пути использования взаимосвязей в прогнозировании // Проблемы прогнозирования. – 2000. – № 1. – С. 152–167. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9127482>. Доступ 03.10.2022.
2. Вульф А. Б. История железных дорог Российской империи. – М.: РИПОЛ Классик, 2016. – 744 с. ISBN 978-5-386-08589-6.
3. Cameron, R. A Concise Economic History of the World: From Paleolithic Times to the Present. N.Y., Oxford University Press, 1993, 496 p. ISBN 0-19-507446-7.
4. Rosenberg, N., Birdzell, L. E. How the West Grew Rich: The Economist Transformation of the Industrial World. N.Y., Basic Book, 1986, 416 p. ISBN 1850430160.
5. Chandler, A. The Visible Hand. Cambridge, Harvard University Press, 1999, 621 p. ISBN 0-674-94052-0.
6. Разуваев А. Д. История развития сухопутной инфраструктуры: техническая база и экономические аспекты. Часть I // Мир транспорта. – 2021. – Т. 19. – № 6 (97). – С. 92–102. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-6-11.
7. Измайкова А. В. Волны инновационного развития железных дорог // Мир транспорта. – 2015. – Т. 13. – № 5 (60). – С. 26–38. [Электронный ресурс]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/download/512/801>. Доступ 03.10.2022.
8. Мачерет Д. А., Валеев Н. А., Кудрявцева А. В. Формирование железнодорожной сети: диффузия эпохальной инновации и экономический рост // Экономическая политика. – 2018. – Т. 13. – № 1. – С. 252–279. DOI: 10.18288/1994-5124-2018-1-10.
9. Разуваев А. Д. Экономическая оценка создания, эволюции и стратегического развития транспортной инфраструктуры (на примере железнодорожного транспорта). – М.: Прометей, 2021. – 286 с. ISBN 978-5-00172-251-9.
10. Давыдов М. А. Двадцать лет до Великой войны: российская модернизация Витте–Столыпина. – СПб.: Алетейя, 2016. – 1081 с. ISBN 978-5-906705-04-4.
11. Лапидус Б. М. Железнодорожный бизнес: как встать на главный путь. – М.: Принт Маркет, 2011. – 384 с. ISBN 978-5-904571-19-1.
12. Левин Д. Ю. Развитие сети железных дорог России в XIX веке. – М.: УМЦ по образованию на жд. транспорте, 2014. – 395 с. ISBN 978-5-89035-716-8.
13. Левин Д. Ю. Строительство Великого Сибирского пути // Мир транспорта. – 2020. – Т. 18. – № 3 (88). – С. 190–213. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-190-213.
14. 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. Доступ 03.10.2022.
15. Мачерет Д. А. Создание сети железных дорог и ускорение развития страны // Мир транспорта. – 2012. – Т. 10. – № 4 (42). – С. 184–192. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18060073>. Доступ 03.10.2022.



16. Аксёненко Н. Е., Лапидус Б. М., Мишарин А. С. Железные дороги России: от реформы к реформе. – М.: Транспорт, 2001. – 335 с. ISBN 5-277-02257-0.
17. Гершенкрон А. Экономическая отсталость в исторической перспективе / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 534 с. ISBN 978-5-7749-0877-6.
18. Александр П // Большая Российская энциклопедия. – Т. 1. – М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 2005. – С. 435–437. ISBN 5-85270-320-6.
19. Загорский К. Я. Экономика транспорта. – М.-Л.: Госиздат, 1930. – 368 с. [Электронный ресурс]: https://www.studmed.ru/zagorskiy-k-ya-ekonomika-transporta_77670b556c4.html. Доступ 03.10.2022.
20. Головачёв А. А. История железнодорожного дела в России. – М.: Издательский дом «Дело РАНХиГС», 2016. – 568 с. ISBN 978-5-7749-1167-7.
21. Голубев А. А. Концессионный расцвет российской чугунки // Отечественные записки. – 2013. – № 3 (54). – С. 271–282. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21218781>. Доступ 03.10.2022.
22. Смирнов С. В. Динамика промышленного производства в СССР и России. Часть I. Опыт реконструкции, 1861–2012 годы // Вопросы экономики. – 2013. – № 6. – С. 59–83. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-6-59-83.
23. Сотников Е. А., Левин Д. Ю., Алексеев Г. А. История развития системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте (отечественный и зарубежный опыт). – М.: Техинформ, 2007. – 237 с. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23489611>. Доступ 03.10.2022.
24. Цыпин П. Е., Разуваев А. Д., Ледней А. Ю. О количественной оценке создания резервов транспортной инфраструктуры // Современные экономические проблемы развития и эксплуатации транспортной инфраструктуры / Труды II Международной науч.-практ. конференции. – М.: РУТ (МИИТ), 2021. – С. 132–136. ISBN 978-5-6044050-7-9.
25. Общая теория статистики / Под ред. А. Я. Боярского, Г. Л. Громыко. – М.: Издательство Московского университета, 1985. – 376 с. [Электронный ресурс]: https://www.studmed.ru/boyarskiy-a-ya-obschaya-teoriya-statistiki_2338133c89b.html. Доступ 03.10.2022.
26. Мачерет Д. А. Роль плотности, мобильности населения и перемещения материальных благ в разных концепциях экономического роста // Вопросы теоретической экономики. – 2021. – № 4 (13). – С. 50–78. DOI: 10.52342/2587-7666VTE_2021_4_50_78.
27. 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.
28. Соловьева А. М. Железнодорожный транспорт России во второй половине XIX в. – М.: Наука, 1975. – 318 с. [Электронный ресурс]: <https://vas-s-al.livejournal.com/930457.html>. Доступ 03.10.2022.
29. Лященко П. И. История народного хозяйства СССР. – Том II. Капитализм. – М.: Госполитиздат, 1952. – 736 с. [Электронный ресурс]: <https://vas-s-al.livejournal.com/778694.html>. Доступ 03.10.2022.
30. Смирнов С. В. Динамика промышленного производства в СССР и России. Часть II. Кризисы и циклы, 1861–2012 годы // Вопросы экономики. – 2013. – № 7. – С. 138–153. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2013-7-138-153>.
31. Мизес Л. фон. Теория экономического цикла / Пер. с англ. – Челябинск: Социум, 2012. – 381 с. ISBN 978-5-91603-070-9.
32. Мизес Л. фон. Человеческая деятельность. Трактат по экономической теории / Пер. с англ. – Челябинск: Социум, 2019. – 875 с. ISBN 978-5-91603-071-6.
33. Мачерет Д. А. Экономический кризис и транспорт // Мир транспорта. – 2010. – Т. 8. – № 2 (30). – С. 4–13. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14983800>. Доступ 03.10.2022.
34. Мачерет Д. А., Епишкин И. А. Взаимное влияние институциональных и транспортных факторов экономического развития: ретроспективный анализ // Journal of Institutional Studies. – 2017. – Т. 9. – № 4. – С. 80–100. DOI: 10.17835/2076-6297.2017.9.4.080-100.
35. Столетие железных дорог. – М.: Транспечать, 1925. – 261 с. [Электронный ресурс]: <https://rusist.info/book/10437580>. Доступ 03.10.2022.
36. Smil, V. Energy and Civilization: A History. Cambridge, MA, The MIT Press, 2017, 564 p. ISBN 0262035774.
37. Мачерет Д. А. О чем свидетельствует столетняя динамика показателей крупнейших железнодорожных систем // Экономическая политика. – 2016. – Т. 11. – № 6. – С. 138–169. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27810881>. Доступ 03.10.2022.
38. Миронов Б. Н. Российская империя: от традиции к модерну: в 3 т. – Т. 3. – СПб.: Дмитрий Буланин, 2018. – 992 с. ISBN 978-5-86007-858-1.
39. Грегори П. Поиск истины в исторических данных // Экономическая история: ежегодник. – 1999. – С. 471–500. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28364458>. Доступ 03.10.2022.
40. Экономическая история мира: в 6 т. / Под ред. М. В. Конотопова. – Т. 3. – М.: Кнорус, 2015. – 510 с. [Электронный ресурс]: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000013044/. Доступ 03.10.2022.
41. Грегори П. Экономический рост Российской империи (конец XIX–начало XX в.): Новые подсчёты и оценки / Пер. с англ. – М.: Росспэн, 2003. – 256 с. ISBN 5-8243-0291-X.
42. Хачатуров Т. С. Экономика транспорта. – М.: Издательство Академии наук СССР, 1959. – 587 с. [Электронный ресурс]: https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&id=9859&c=72&Itemid=99. Доступ 03.10.2022.
43. Ренессанс железных дорог: фундаментальные научные исследования и прорывные инновации // Коллективная монография членов и научных партнёров Объединённого учёного совета ОАО «РЖД» / Под ред. Б. М. Лапидуса. – Ногинск: Аналитика Родис, 2015. – 252 с. ISBN 978-5-905277-63-4.
44. Измайкова А. В. Экономическая оценка инновационно-ориентированного развития железнодорожного транспорта / Дис... канд. экон. наук. – М.: МГУПС, 2016. – 182 с. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26565350>. Доступ 03.10.2022.
45. A Global Vision for Railway Development. Paris, UIC, 2015, 44 p. [Электронный ресурс]: https://uic.org/IMG/pdf/global_vision_for_railway_development.pdf. Доступ 03.10.2022.
46. Лапидус Б. М. Будущее транспорта. Мировые тренды с проекцией на Россию. – М.: Прометей, 2020. – 226 с. ISBN 978-5-907224-52-8.

Информация об авторе:

Мачерет Дмитрий Александрович – доктор экономических наук, профессор, первый заместитель председателя Объединённого учёного совета ОАО «РЖД»; профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия, macheretda@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 16.09.2022, одобрена после рецензирования 27.11.2022, принята к публикации 30.11.2022.



Железнодорожные новости 1912 года



Пресс-архив

В этом номере публикуется небольшая подборка новостных сообщений из журнала «Железнодорожное дело», который в свою очередь почерпнул их из публикаций СМИ того времени.

Разнообразие тематики демонстрирует различные проблемы, актуальные в 1912 году: введение «круговых поездок» – аналога современных льготных тарифов при приобретении обратного билета, обсуждение своевременности появления на Дальнем Востоке рельсового автобуса, получение будущим МИИТом статуса института.

При воспроизведении публикации максимально сохранены стиль, пунктуация и лексика того времени.

Ключевые слова: транспорт, история, рельсовые автобусы, билеты.

Автобусное движение на средней части Амурской железной дороги. – Недавно прибыли для средней части Амурской железной дороги 9 автобусов, семь из которых разгружены в Ушумун и будут распределены по магистрали, – два, привезены в Благовещенск, откуда отправляются в Малиновку и Екатеринославку. Автобусы предназначены для обслуживания пассажирского и почтового движения на магистрали. На Благовещенской ветви, за отсутствием удобных дорог, автобусного движения пока не будет. Все автобусы, как сообщают «Приамурские Ведомости», снабжены моторами Бенца, и для езды зимою приспособлениями для газового отопления. Каждый автобус располагает 11 местами, из которых 8 крытых, а три снаружи – для шофера, его помощника и почталь-

она. Верх приспособлен для перевозки почты и багажа, всего на 27 пудов. Через месяц ожидается ещё один автобус, приспособленный для движения по рельсам, который предназначается для пути между Белогорьем и магистралью. С получением этих автобусов перевозка пассажиров и почты значительно усилится и будет аккуратнее. Каждый автобус будет обслуживать свой участок, протяжением, в среднем, около 83 вёрст, так что движение будет совершаться с пересадками. Приходить и отходить автобусы будут ежедневно. В целях доступности, плату за проезд предполагается понизить с 12 на 6 коп. за версту с человека. Пользоваться сообщением могут железнодорожные служащие и причастные к постройке лица, а также с разрешения начальника работы и частные лица.

Благодарность: редакция выражает признательность сотрудникам библиотеки Российского университета транспорта за помощь в подготовке материала.

Для цитирования: Железнодорожные новости 1912 года // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 5 (102). С. 113–114. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-13>.

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

– Нельзя не признать такое распоряжение руководителей постройки Амурской дороги превосходным и не пожелать этому новому роду подвижного состава ещё большего распространения, и даже на дорогах, лишь предположенных к сооружению для предварительного оживления их (см. «Железнодорожное Дело» от 1899 г., с. 165, «О подъездных караванных путях» и с. 299 «Подъездной путь Хива–Уральск»). Но в то же время нельзя не удивляться, что, то же Управление по сооружению железных дорог изыскивало основания к неподдержанию ходатайств частного предпринимателя, в лице А. И. Водинского, об освидетельствовании построенного им Сквирского узкоколейного пути перед открытием для общего пользования, а, напротив того, запретило г-ну Водинскому производить движение не только временное, но и рабочее.

**(«Железнодорожное дело»
по материалам
«Вестника Путей Сообщения»
от 14 июля 1912 г., № 28).**

Круговые поездки. – По-видимому, к числу последствий недавней французской выставки в Москве следует отнести проектированные Общим съездом представителей русских железных дорог и представленные в настоящее время на утверждение тарифных учреждений маршруты для круговых поездок за пониженную против обыкновенной нормы плату. Вопрос о понижении пассажирского тарифа, конечно, старый вопрос и год от года случаи частных понижений этого тарифа повторялись всё чаще, как, например, для учёных съездов и выставок, всероссийских и международных. Но перед московской французской промышленно-художественной выставкой представители русских железных дорог вникли в значение пониженных пассажирских тарифов, а равно разных второстепенных удобств для путешествующих, с гораздо большим вниманием, нежели прежде, и даже назначили для подробного изучения этого вопроса особую комиссию, которая и проектировала вышеупомянутые маршруты.

Всего проектировано 120 маршрутов. Чтобы иметь общее понятие о распределении их по направлениям, достаточно знать, что продажу билетных книжек для таких круговых путешествий предположено производить на следующих 29 станциях: Варшава (для

Варшаво-Тереспольской, Привислинской и Спб.-Варшавской дорог), Воронеж, Дерпт, Киев, Козлов, Москва (на всех шести вокзалах), Новочеркасск, Одесса, Ревель, Рига (двух дорог), Ростов, Рязань, Рязск, Саратов, С.-Петербург (на всех вокзалах, кроме Царскосельской дороги), Тамбов, Тифлис и Харьков.

Понижение нормальной платы для этих поездок предположено вообще в 30 %, но в некоторых маршрутах с участием Владикавказской дороги и во всех с участием Закавказской и Финляндских дорог понижение проектировано в 40 %.

Невозможно отрицать той громадной пользы, которую принесли железные дороги России; отрицающие эту пользу, или только сами для себя закрывают истину, или рассчитывают на наивность своих слушателей. Устанавливая проектирование круговой поездки со 120 маршрутами, русские железные дороги, очевидно, делают новый шаг на общую пользу. Несомненно, что в первые годы по установлению этих поездок мало кто воспользуется ими, но с течением времени пользование ими непременно разовьётся и столь недостающее у нас отечествоведение приобретёт в круговых поездках новый способ для своего прочного распространения и утверждения.

Преобразование Московского Инженерного училища. – В заседании 24-го мая Советом Министров, между прочим, рассмотрено и одобрено к внесению в Государственную Думу представление Министерства путей сообщения – о преобразовании Императорского Московского Инженерного училища в Московский институт инженеров путей сообщения.

– Мы припоминаем, что при образовании Императорского Московского Инженерного училища были противники предоставления ему прав Института инженеров путей сообщения Императора Александра I, и главным, образом, со стороны самого Института. Но, очевидно, время доказало достоинство и полезность Инженерного училища и при других, меньших правах его, если предположенное преобразование его делается с целью повышения его ценза.

**(«Железнодорожное
дело» по материалам
«Вестника Путей Сообщения» от
2 июня 1912 г., № 22) ●**



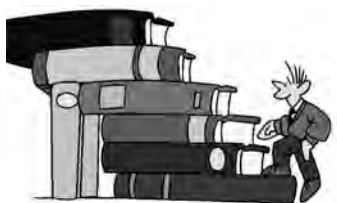
АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

116

- Прогнозирование потребности в колёсных парах грузовых вагонов и их ремонт на железных дорогах Республики Узбекистан.
- Оптимизация пригородных пассажирских перевозок на основе организации пассажиропотока.
- Диагностика и прогнозирование остаточного ресурса систем изоляции тяговых электрических машин.
- Разработка и обоснование конструктивно-технологических решений для строительства дополнительных железнодорожных путей.



КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ



НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

124

Недавно вышедшие книги и учебники о транспорте.



АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

*Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses submitted
at Russian transport universities*

*Текст на английском языке публикуется
во второй части данного выпуска.*

*The text in English is published in the second part
of the issue.*

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-14>

Гайипов А. Б. Прогнозирование потребности в колёсных парах грузовых вагонов и совершенствование технологии их ремонта на железных дорогах Республики Узбекистан / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2022. – 17 с.

В последние годы на железных дорогах Республики Узбекистан поступление вагонов в текущий ремонт (ТР) непрерывно возрастает. Отцепки вагонов в текущий ремонт вызывают увеличение расходов на содержание вагонного парка и ущерба при задержке поезда из-за отцепок неисправных вагонов из сформированных составов. Основная доля причин отцепок грузовых вагонов в ремонт вызвана неисправностями колёсных пар. Вследствие этого периодически возникает дефицит колёсных дисков и вагонных осей.

На сегодняшний день стоимость колёсных пар остаётся на высоком уровне. Изменяющийся спрос на колёсные пары и спекулятивный рост цен на них указывают на необходимость совершенствования долгосрочного планирования потребности с учётом ресурса и расхода толщины обода с учётом объёма выполняемой перевозочной работы. Одной из основных задач для определения правильного направления решения проблемы дефицита является определение баланса колёсных дисков и осей на долгосрочную перспективу с целью минимизации рисков для всех участников перевозочного процесса.

Таким образом вопросы определения баланса колёсных пар и снижения частоты отцепок грузовых вагонов в ТР за счёт совершенствования системы технического обслуживания и ремонта колёсных пар грузовых вагонов являются актуальными.

Цель работы состояла в разработке научно-обоснованной методики расчёта потребности парка грузовых вагонов Узбекистана в цельнокатаных колёсах и осях с учётом особенностей технического состояния вагонов и технологии ремонта колёсных пар, а также выполняемой перевозочной работы.

Задачи работы включали:

- анализ состояния парка грузовых вагонов АО «Узбекистон темир йуллари» и определение показателей их надёжности в эксплуатации;

- определение темпов износа и пробегов колёсных пар до отцепки в отношении инновационных и обычных вагонов;

- разработка научно-обоснованной методики расчёта потребности в колёсных парах грузового подвижного состава и составление на её основе баланса колёсных пар на прогнозируемые объёмы перевозок по железнодорожному транспорту;

- выбор системы обточек профиля поверхности катания, обеспечивающей максимальный ресурс колёсной пары и минимальную вероятность отцепки в текущий ремонт.

Разработанная научно-обоснованная методика расчёта потребности в колёсных парах для парка грузовых вагонов учитывает выполняемый железнодорожным транспортом грузооборот и наличие в парке как обычных, так и инновационных вагонов.

В диссертационной работе выполнен комплекс исследований с целью определения потребности в колёсах и вагонных осях и рациональных путей совершенствования технологий ремонта колёсных пар грузовых вагонов.

Анализ текущего состояния работы железнодорожного транспорта – основных количественных и качественных показателей парка грузовых вагонов Республики Узбекистан – показал, что поступление вагонов во внеплановый ремонт по неисправностям колёсных пар ежегодно возрастает, что делает актуальными исследования в области повышения ресурса колёсных пар.

На основании полученных результатов выполненного исследования по оценке надёжности колёсных пар обычных и инновационных вагонов было установлено, что у колёсных пар инновационных вагонов, изготовленных из стали повышенной твёрдости марки «Т», по сравнению с колёсами обычных вагонов, изготовленных из стали

марки «2», степень износа колёс значительно ниже и, как следствие, они имеют повышенную эксплуатационную надёжность.

На ресурс колёс оказывают влияние не только материал колёс и ходовых частей, но и устройство самого вагона и условия его эксплуатации.

Ресурс колёс одного типа в одинаковых тележках оказался существенно ниже у вагонов-хопперов модели 19-9870-01.

Разработанная научно-обоснованная методика расчёта потребности в цельнокатаных колёсах и осях позволяет оценить потребность железных дорог в них, отличающуюся учётом вероятности изменения толщины гребня, возникновения ползунов и выщерблин, с целью минимизации рисков для всех участников процесса изготовления, эксплуатации и ремонта грузовых вагонов.

Разработанная и предложенная методика расчёта потребного парка грузовых вагонов для железных дорог Узбекистана на перспективу до 2025 года даёт возможность оценивать текущее состояние и потребный парк грузовых вагонов с учётом прогноза общего объёма перевозок по железнодорожному транспорту.

Применение ремонтных профилей колёс с толщиной гребня 27 мм не рационально, так как это приводит к снижению ресурса колеса по пробегу (в 1,5 раза) и повышает расходы на обточки колёс в эксплуатации (добавляются расходы на 2 обточки при использовании толщины гребня 27 мм).

Установлено, что внесение изменений в нормативные документы в отношении требований толщины гребня 27 мм вместо 26 мм при выпуске вагонов из текущего ремонта (для вагонов с оставшимся ресурсом до планового ремонта по пробегу 60 тыс. км или сроку менее 9 мес.) позволит сократить количество отцепок в текущий ремонт ТР-2 по тонкому гребню.

Пополнение парка грузовых вагонов АО «УТЙ» новыми современными инновационными вагонами с увеличенной грузоподъёмностью даёт возможность постепенно сокращать потребность в колёсах в связи с большим ресурсом новых колёс.

Для железных дорог Узбекистана рекомендуется принять минимальную толщину гребня 24 мм и ввести следующую систему обточек: 33–24–30 (коэффициент обточки 1,97) или 33–24–33 (коэффициент обточки 1,83).

Изменение допускаемой толщины гребня до 24 мм может иметь положительный эффект и снизить количество отцепок во внеплановом ремонте. В связи с этим данное предложение рекомендуется к использованию.

Толщину гребня 26 мм при подаче под погрузку целесообразно сохранить. Это обеспечит снижение расходов на текущий ремонт ТР-2 гружёных вагонов за счёт сокращения работ по отцепке вагонов из поездов.

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Копылова Е. В. Оптимизация пригородных пассажирских перевозок на основе организации пассажиропотока / Автореф. дис... док. техн. наук. – М.: РУТ (МИИТ), 2022. – 48 с.

Основа развития любого государства – целостное, комплексное развитие его отдельных регионов, социально-экономический каркас которых образуют городские агломерации и мегаполисы, являющиеся важнейшими местами сосредоточения трудовых, промышленных, культурных и других видов ресурсов. В Российской Федерации насчитывается 16 мегаполисов (городов-миллионеров) и 22 агломерации-миллионера, ряд которых образован городами с численностью населения менее 1 млн человек. Основным преимуществом агломерации является то, что, образуя общую систему расселения, несколько городов позволяют создать единый рынок, равный или превышающий по объёму ресурсов крупный мегаполис. Формирование городских агломераций и рациональное использование их ресурсов для решения целого ряда экономических, социальных, экологических проблем, присущих современному урбанизированному обществу, невозможно без качественного обеспечения транспортных связей. Именно поездки в пригородном сообщении обеспечивают трудовую подвижность населения в агломерациях, способствуют развитию рынка труда и оказывают положительный мультипликативный эффект на развитие экономики отдельных регионов и страны в целом.



Перевозки железнодорожным транспортом характеризуются высокой степенью надёжности, регулярности и экологичности. Данный вид транспорта обладает наибольшей провозной способностью, поэтому может стать базой для установления прочных транспортных связей в городских агломерациях и мегаполисах. Мероприятия, предусмотренные Концепцией развития пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, направлены на обеспечение потребностей населения в качественном транспортном обслуживании и создание условий для устойчивого развития пригородных железнодорожных перевозок. Гарантировать необходимый уровень доступности пригородных перевозок для населения страны при заданных параметрах качества и безопасности возможно только при условии разработки долгосрочных схем транспортного обслуживания населения с учётом возможностей всех видов транспорта.

Формирование эффективных схем транспортного обслуживания населения требует решения ряда сложных технико-технологических, нормативно-правовых, экономических и управленческих задач и в современных условиях приобретает первостепенное значение как для государства и отдельных его регионов, так и для железнодорожного транспорта как владельца транспортной инфраструктуры.

Для решения задач, стоящих перед железнодорожным транспортом, создана развитая информационно-цифровая среда. При этом многочисленные автоматизированные системы в основном являются информационными. Выбор рациональных решений в различных сферах деятельности железнодорожного транспорта остаётся за человеком. В то же время человек не всегда способен справиться с многовариантностью возможных решений. Любые системы обработки больших данных должны строиться с применением оптимизационных моделей принятия решений. Такая задача ставится и в Транспортной стратегии Российской Федерации: «...исследование и разработка аналитических систем и математических моделей, обеспечивающих поддержку принятия решений по регулированию функционирования и управлению развитием транспортного комплекса».

Целью диссертационного исследования являлось повышение эффективности и клиенто-

ориентированности пригородных пассажирских перевозок в городских агломерациях на основе организации пригородного пассажиропотока.

Основными задачами исследования для достижения поставленной цели стали:

- формулирование проблемы организации пассажиропотока на основе анализа научных исследований в сфере транспортного обеспечения населения городских агломераций и организации пригородных пассажирских перевозок железнодорожным транспортом;
- обоснование выбора метода динамического согласования для оптимизации пригородных пассажирских перевозок на основе организации пассажиропотока;
- выбор агломерации для отработки и апробации предлагаемых в диссертационном исследовании методологий;
- создание методологии организации пригородного пассажиропотока на основе метода динамического согласования;
- создание методологии организации многоструйного пассажиропотока на основе многопродуктового метода динамического согласования;
- разработка технологии проверки на имитационной модели результатов расчётов на оптимизационных моделях;
- разработка метода эффективного обеспечения составами графика движения пригородных поездов с созданием оптимизационной модели на основе динамической транспортной задачи.

Объектом исследования стали пригородные пассажирские перевозки, осуществляемые железнодорожным транспортом в городских агломерациях.

Предмет исследования – совершенствование работы железнодорожного транспорта в области транспортного обеспечения населения городских агломераций.

Научная новизна исследования состоит в разработанной впервые методологии оптимизации пригородных пассажирских перевозок в динамике на основе организации самого пассажиропотока, а именно:

- сформулирована проблема организации пассажиропотока для нахождения консенсуса между потребностями пассажиров и возможностями транспорта;
- разработана оптимизационная модель и технология её применения для организации однородного пассажиропотока на основе метода динамического согласования;

- разработана оптимизационная модель и технология её применения для организации многоструйного пассажиропотока на основе многопродуктового метода динамического согласования;

- разработан метод обеспечения ниток графика движения пригородных поездов составами с помощью оптимизационной модели на основе динамической транспортной задачи.

Практическая значимость работы состоит в:

- применении предлагаемых методологий организации пассажиропотока при разработке долгосрочных схем транспортного обслуживания населения в регионах;

- возможности формирования сбалансированной транспортной системы в каждой городской агломерации и определения рационального межтранспортного баланса на основе оптимизационных моделей;

- обеспечении возможности уменьшения статических резервов пригородного движения (как инфраструктурных, так и подвижного состава) благодаря организации пассажиропотока в динамике;

- обеспечении эффективного использования составов пригородных поездов при использовании динамической транспортной задачи для оптимального обеспечения подвижным составом графика движения пригородных поездов;

- возможности формирования обоснованных предложений по развитию транспортной инфраструктуры на основе использования разработанных моделей оптимизации и технологии их совместного использования с имитационной моделью;

- использовании разработанных моделей оптимизации на основе организации пассажиропотока как инструмента для экспертизы предлагаемых проектировочных решений по усилению пропускных способностей пригородных линий и развитию инфраструктуры станций и остановочных пунктов, включая пассажирские обустройства, в том числе с применением имитационного моделирования;

- создании предпосылок для эффективного развития городских агломераций на основе обеспечения устойчивых транспортных связей между городами-спутниками и городами-ядрами, и, как следствие, повышении качества жизни населения регионов и страны в целом.

Апробация разработанных методологий организации пассажиропотока и метода обеспечения ниток графика движения составами пригородных поездов проведена на Нижегородской агломерации. Эта агломерация с населением свыше двух миллионов человек является одной из самых крупных в Российской Федерации, сформирована вокруг Нижнего Новгорода и является моноцентрической. Самыми крупными образующими агломерацию населёнными пунктами являются Дзержинск, Бор и Кстово. В Нижегородской агломерации около 40 процентов предприятий и организаций являются головными в областях авиастроения, судостроения, приборостроения. Пригородные перевозки в Нижегородской агломерации осуществляются, в основном, железнодорожным и автомобильным транспортом.

Проверка результатов расчётов на оптимизационных моделях организации пассажиропотока выполнена на имитационной модели в системе ИМЕТРА.

Для решения поставленных задач в диссертации использовались методы системного анализа, метод динамического согласования, динамическая транспортная задача, имитационное моделирование.

В диссертации разработаны теоретические основы организации пассажиропотока и методологические решения по оптимизации пригородных пассажирских перевозок в динамике.

Выполнен анализ исследований в области пригородных пассажирских перевозок, который показал, что ранее выполнялись работы по оптимизации перевозок стихийно складывающегося пассажиропотока. Это приводило к созданию не всегда оправданных резервов инфраструктуры и подвижного состава. Методы оптимизации были, как правило, статическими, то есть имели ограниченные возможности при отображении динамики процессов пригородных пассажирских перевозок. В диссертации впервые сформулирована проблема организации пригородного пассажиропотока, то есть сознательного преобразования стихийного пассажиропотока в организованный, в котором согласовываются ритмы отправления пассажиров со всех станций всех направлений с ритмами прибытия на станции назначения в зависимости от определённых критериев.



Выбран метод динамического согласования в качестве аппарата оптимизации для организации пассажиропотока. Данный метод позволяет отобразить процессы перевозок, подхода пассажиров к станциям отправления, ожидания на станциях отправления и назначения, ожидания пересадки на другой вид транспорта в динамике. Любые параметры можно менять в течение периода расчёта.

Разработана оптимизационная модель на основе однопродуктового метода динамического согласования для преобразования однородного пассажиропотока из исходного в более организованный. Разработана технология применения модели для поиска консенсуса между интересами пассажира и транспорта, позволяющая выбрать из множества формально оптимальных решений вариант, наиболее удовлетворяющий содержательно решению задачи организации пригородных пассажирских перевозок в городской агломерации.

Выстроен направленный итерационный процесс, позволяющий упорядочить последовательность выполнения экспериментов на модели с целью ускорения поиска рационального варианта среди формально оптимальных. Выявлено, что для нахождения рационального содержательного варианта организации пассажиропотока наиболее целесообразно при выполнении каждого нового расчёта на модели изменять два параметра. Изменение пяти и более параметров даёт труднопредсказуемый вариант. Проведены исчерпывающие расчёты на примере Нижегородской агломерации. Изменяя ограничения и стоимости (весовые коэффициенты), при организации пассажиропотока можно отдавать приоритеты отдельным станциям, направлениям, маршрутам железнодорожного или автомобильного транспорта. Пассажиропоток с повышенным приоритетом поддаётся наименьшей корректровке.

Разработана оптимизационная модель на основе многопродуктового метода динамического согласования для организации многоструйного пассажиропотока. Сформирована технология её использования. Модель организации многоструйного пассажиропотока также отработана на примере транспортного комплекса Нижегородской агломерации. Данная модель позво-

ляет в уже организованном однородном пассажиропотоке выделить несколько сегментов пассажиропотока и учесть их специфические требования к поездке. Модель позволяет задавать пересекающиеся или непересекающиеся периоды желаемого прибытия на головную станцию пассажиров каждого сегмента. Также изменением ограничений и стоимостей (весовых коэффициентов) при расчёте можно устанавливать приоритет определённых сегментов пассажиропотока на каждом направлении или станции.

Разработана имитационная модель рассматриваемого полигона Нижегородской агломерации с использованием имитационной системы ИМЕТРА, которая позволяет проводить широкий набор экспериментов для глубокой оценки результатов расчётов на оптимизационных моделях. Полученные с помощью оптимизационных моделей ритмы отправления организованного пассажиропотока были привязаны к графикам движения электропоездов. Эксперименты на имитационной модели показали корректность использования оптимизационных моделей. В частности, ожидание пассажирами на станциях отправления и назначения при организованном пассажиропотоке снижается. Для Нижегородской агломерации организация пассажиропотока позволит снизить непроизводительное время ожидания пассажирами на станциях отправления в 1,5–4,5 раза в зависимости от выбранного с содержательной точки зрения оптимального варианта, а на головной станции – почти в 2 раза.

Разработан новый метод расчёта оптимального оборота составов электропоездов с помощью оптимизационной модели, основанной на динамической транспортной задаче. Метод позволяет не только найти оптимальный вариант, но и предоставляет материалы для его критической оценки. Предложено три варианта использования метода оптимизации обеспечения составами ниток графика движения пригородных поездов. Апробация произведена на примере пригородных железнодорожных перевозок в Нижегородской агломерации. Показано, что незначительный сдвиг одной или нескольких ниток графика движения пригородных поездов может позволить существенно сократить число составов в обороте. В одном из при-

меров при использовании 8 составов сдвигаются 11 ниток графика, при использовании 12 составов – 1 нитка, при использовании 14 составов корректировки не требуется. Таким образом, при использовании 12 составов можно обеспечить высокий уровень клиентоориентированности графика движения при экономии средств на закупку и эксплуатацию двух составов пригородных поездов.

Результаты диссертационного исследования рекомендованы Центру по корпоративному управлению пригородным комплексом ОАО «РЖД» для использования пригородными пассажирскими компаниями при разработке комплексных планов транспортного обслуживания населения. Методология организации пригородного пассажиропотока принята к внедрению на полигоне деятельности АО «Волго-Вятская пригородная пассажирская компания» и использована при организации мультимодальных пассажирских перевозок в Нижегородской агломерации.

Перспективы дальнейшей разработки темы диссертации состоят в том, что разработанные методологии могут стать основой для новых научных исследований в области совершенствования пассажирских перевозок с учётом их динамики. Разработанные оптимизационные модели организации пригородного пассажиропотока требуют дальнейшего углублённого изучения для обеспечения эффективности практической реализации.

2.9.4. Управление процессами перевозок.

Работа выполнена и защищена в Российском университете транспорта.

Прохор Д. И. Диагностика и прогнозирование остаточного ресурса систем изоляции тяговых электрических машин на основе контроля параметров текущего состояния изоляции / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2022. – 16 с.

Отказы тяговых электродвигателей (ТЭД) локомотивов, особенно при следовании с поездами, наносят ощутимый материальный ущерб для эксплуатирующих организаций, крупнейшей из которых является ОАО «РЖД». Как правило, более 75 % ТЭД, установленных на локомотивы при постройке или капитальном ремонте, приходится менять из-за неисправностей до наступления срока следующего капиталь-

ного ремонта. Основными причинами повреждений ТЭД являются низкое сопротивление изоляции обмотки якоря, переброс и круговой огонь, пробой изоляции на корпус. Данные статистического обследования свидетельствуют о необходимости совершенствования конструкции изоляции ТЭД и системы контроля её текущего состояния в эксплуатации, что подтверждает актуальность темы диссертации.

Целью диссертации являлось повышение надёжности и долговечности тяговых двигателей локомотивов путём совершенствования изоляционных конструкций и системы контроля состояния изоляции.

Научная новизна диссертации включала:

- разработку основ контроля текущего состояния и оценки остаточного ресурса изоляции ТЭД локомотивов по дополнительным, ненормируемым в настоящее время, параметрам;
- разработку методики определения нормирующих и пороговых значений дополнительных параметров изоляции в начале её жизненного цикла;
- установление эмпирических зависимостей изменения дополнительных параметров изоляции от выполненной тонно-километровой работы локомотива.

Поставленные задачи решались с использованием методов планирования эксперимента, методов сбора и математической обработки результатов эксперимента, которая выполнена с использованием программных пакетов MathCAD и Excel. Экспериментальные исследования проводились на стендах натурной мощности и магистральных локомотивах в условиях эксплуатации.

В результате проведённых исследований получены новые научно обоснованные технические решения и разработки, направленные на совершенствование изоляционных конструкций и системы контроля состояния изоляции тяговых электродвигателей локомотивов. Их применение позволит сократить количество отказов и неплановых ремонтов тяговых двигателей и улучшить эффективность использования магистральных локомотивов за счёт повышения надёжности и прогнозирования остаточного ресурса тяговых двигателей.

Анализ статистических данных по отказам ТЭД локомотивов за 2019 и 2020 годы



показал, что 35–40 % всех отказов вызваны неисправностями, возникающими в конструкции якорей, причём более 2/3 из этого количества составили отказы, вызванные низким сопротивлением и пробоем изоляции обмоток. Приведённые данные показывают, что проблема повышения надёжности изоляционной конструкции ТЭД ЭД-118 и совершенствования системы контроля состояния изоляции тяговых двигателей является актуальной.

Разработана конструкция изоляции, комплект конструкторской документации и изготовлены два опытных экземпляра двигателей ЭД-118 с изоляцией повышенного класса нагревостойкости Н, которые прошли стендовые испытания при повышенных токовых нагрузках и штатном расходе охлаждающего воздуха. Испытания подтвердили технологическую пригодность разработанной системы изоляции класса Н для её применения при выполнении капитального ремонта двигателей ЭД-118. Замена изоляции класса F на изоляцию класса Н на ТЭД ЭД-118 при той же производительности вентиляторов позволит повысить допустимые перегревы обмоток, повысить длительную силу тяги локомотива на 10 % за счёт увеличения тока и обеспечить срок службы изоляции – не менее 20 лет при штатной эксплуатации.

Для более полной и достоверной характеристики текущего состояния изоляции ТЭД и вероятного характера изменения её свойств при дальнейшей эксплуатации, предложено в течение её жизненного цикла контролировать совокупность дополнительных параметров: коэффициент абсорбции, возвратное напряжение, тангенс угла диэлектрических потерь, ёмкость изоляции. По результатам обследования 158 ТЭД после капитального ремонта установлены нормирующие значения дополнительных параметров новой изоляции и критические пороговые значения для отбраковки двигателей при приёмо-сдаточных испытаниях.

Разработаны методика, программа и испытательный стенд для проведения ускоренного теплового старения изоляции. В соответствии методикой выполнены испытания натурного образца двигателя ЭД-118 с изоляцией повышенного класса нагревостойкости под нагрузкой. Продолжительность испытаний и тепловая нагрузка изоляционной конструкции были эквивалентны штатной

эксплуатации двигателя в течение 20 лет. По результатам испытаний подтверждено наличие остаточного ресурса разработанной системы изоляции, а также определены значения дополнительных параметров изоляции после тепловых нагрузок, эквивалентных указанному сроку эксплуатации.

Для проведения эксплуатационных испытаний изготовлены два тепловозокомплекта ТЭД ЭД-118: один с изоляцией штатного класса нагревостойкости F, другой с изоляцией повышенного класса Н. По результатам эксплуатационных испытаний получены эмпирические зависимости усреднённых значений дополнительных параметров изоляции классов F и Н от выполненной тонно-километровой работы локомотива, которые позволят прогнозировать остаточный ресурс изоляции ТЭД конкретного завода-изготовителя в условиях эксплуатации.

Определены критерии выбраковки ТЭД с новой изоляцией при выполнении приёмо-сдаточных испытаний, а также ТЭД, находящихся в эксплуатации, по дополнительным параметрам изоляции.

Разработаны предложения по организации контроля состояния изоляции тяговых двигателей по дополнительным параметрам средствами мобильной диагностики в условиях сервисных и эксплуатационных депо, что позволит усилить входной контроль при получении тяговых двигателей от завода-изготовителя или ремонтной организации, осуществлять оперативный контроль текущего состояния изоляции при выполнении технических обслуживаний и текущих ремонтов и прогнозировать остаточный ресурс изоляции тяговых двигателей в эксплуатации.

В качестве рекомендаций и перспективы дальнейшей разработки темы диссертации предлагается разработка алгоритмического и аппаратного обеспечения бортового автоматизированного диагностического комплекса, осуществляющего сбор, хранение и анализ информации о текущем состоянии и остаточном ресурсе изоляции ТЭД.

05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация.

Работа выполнена и защищена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Тукмакова А. В. Разработка и обоснование конструктивно-технологических решений для строительства дополнительных железнодорожных путей / Автореф. дис... канд. техн. наук. – Хабаровск: ФГБОУ ВО ДВГУПС, 2022. – 20 с.

Суровые тяжёлые природные условия приводят к скорому появлению и развитию деформаций в земляных инфраструктурных сооружениях, что требует индивидуального подхода к выбору мероприятий по стабилизации земляного полотна и их расчётно-теоретического обоснования. Типовые существующие решения, применяемые для стабилизации земляного полотна двухпутных линий на участках с различными топографическими условиями, в течение периода эксплуатации не всегда эффективны, что проявляется в нарушении целостности земляных сооружений, постоянных деформациях, появлении угрозы безопасности и бесперебойности движения поездов.

Объектом исследования являлось земляное полотно дополнительных строящихся и подлежащих модернизации существующих путей железнодорожных линий в северных регионах, в том числе, на многолетнемерзлых грунтах.

Целью исследования были разработка и расчётно-теоретическое обоснование технических решений, обеспечивающих стабильность и долговечность дополнительных путей, их безопасность при эксплуатации в сложных мерзлотно-грунтовых условиях, а также целостность двухпутной конструкции.

Задачи исследования включали:

- анализ существующих конструктивно-технологических решений строительства дополнительных железнодорожных путей и противодеформационных конструкций для обеспечения стабильности двухпутного и деформирующегося земляного полотна;
- анализ существующих методик обоснования устойчивости дополнительных путей и применяемых конструктивно-технологических решений в условиях различной топографии холодных регионов;
- критический анализ полноты и достаточности исходных данных в методиках расчётно-теоретического обоснования существующих и новых конструктивно-технологических решений при проектировании дополнительных путей;
- экспериментальное моделирование грунтовых процессов, возникающих и развиваю-

щихся при отсыпке второго пути на слабых грунтах;

- разработку новых конструктивно-технологических решений;
- подбор необходимых и достаточных исходных данных для разработанных методик обоснования надёжности конструктивно-технологических решений в сложных условиях.

В работе были разработаны конструктивно-технологические решения, направленные на обеспечение стабильности дополнительного строящегося и модернизируемого земляного полотна в холодных регионах, а также методики расчётов прочности и единой целостности существующего земляного полотна, армированного геосинтетическими материалами с дополнительным железнодорожным путём. Методика может быть использована при проектировании дополнительных путей с применением армирующих прослоек в условиях продолжительных отрицательных температур окружающего воздуха и избыточной влаги в грунтах зоны строительства.

Экспериментальные исследования, которые выполнялись в лабораторных условиях на базе научно-исследовательской лаборатории «Основания и фундаменты» Дальневосточного государственного университета путей сообщения, позволили доказать достоверность результатов, полученных по разработанным методикам расчётов путём моделирования грунтовых процессов.

Выполненный анализ существующих методик обоснования устойчивости дополнительных путей и применяемых конструктивно-технологических решений в сложных инженерно-геологических условиях показал единый подход к разработке проектных решений и строительству дополнительных железнодорожных путей.

Обзор и анализ существующих вариантов строительства дополнительных железнодорожных путей в холодных регионах, а также противодеформационных конструкций для обеспечения долговечности и надёжности земляного полотна показали, что наиболее перспективным и ресурсосберегающим способом обеспечения стабильности земляного полотна является применение армирующих прослоек при одновременном водоотведении поверхностных и грунтовых вод от тела земляного полотна. При этом широкий спектр геосинтетических материалов и подтвержден-



ная эффективность их армирующих свойств пока не нашла массового признания, и строительство дополнительных железнодорожных путей ведётся с типовым мероприятием – нарезкой уступов на откосах насыпей существующих путей.

Выполнен подбор исходных данных и методики расчётно-теоретического обоснования новых конструктивно-технологических решений при проектировании дополнительных путей, критический анализ их полноты и достаточности.

В результате проведённых экспериментальных исследований и на основании данных мониторинга внедрённых решений получены графические зависимости коэффициента распределительной способности и модулей упругости обычных грунтов и грунтов, усиленных геосинтетическими материалами. Применение армирующих прослоек в грунтовых сооружениях позволяет уменьшить общую деформацию конструкции и снизить величины вертикальных напряжений.

Получены зависимости температурно-влажностного режима объектов с обеспеченным (в том числе фильтрационным грунтовым) водоотводом и с обводнённых мест. Наличие комбинированного водоотвода, обеспечивающего сбор и отвод поверхностных и грунтовых вод, увеличивает общую

стабильность осушаемого земляного полотна железнодорожного пути и снижает его деформативность от пучин и просадок на 30 %. Теоретические расчёты подтверждены натурными данными, полученными по результатам мониторинга объектов внедрения.

При интенсивном влагонасыщении грунтов насыпи (на слабом основании и водонасыщении) применение армирующих слоёв является не достаточным условием для обеспечения стабильного грунтового сооружения. Для обеспечения стабильности земляного полотна в таких условиях необходимо предусматривать дополнительные решения, направленные на устранение влаги.

Для обеспечения стабильности слабых оснований дополнительного пути, в том числе на многолетнемёрзлых грунтах, в качестве первого слоя, соприкасающегося с грунтами основания, могут быть использованы дополнительные конструкции, в частности конструкции «гибкая эстакада» по полезной модели ДВГУПС № 22157, «двухступенчатая армодренажная система» по патенту ДВГУПС № 2618108.

2.9.2 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог.

Работа выполнена и защищена в Дальневосточном государственном университете путей сообщения. ●

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

Список на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.

The list of titles in English is published in the second part of the issue.

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-4-15>

Авдеева Г. Д. Справочник по экологии железнодорожного транспорта: Справочное учебное пособие. – М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2022. – 255 с. ISBN 978-5-907479-27-2.

Актуальные проблемы транспорта в XXI веке: Труды I международной научно-практической конференции [20–21 апреля 2022 г.] / Ред. колл.: Борисова Т. Н. [и др.]. – Новокузнецк: СибГИУ, 2022. – 258 с.

Володькин П. П., Широкоград О. А., Архипов С. А., Рыжова А. С. Технология организации пассажирских маршрутных перевозок: Учебное пособие / Науч. ред. Леонтьев Р. Г. – Хабаровск: Издательство Тихоокеанского государственного университета, 2022. – 102 с. ISBN 978-5-7389-3456-8.

История и перспективы развития железнодорожного транспорта в России и за рубежом: Сборник материалов

I международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 25 ноября 2021 года / Под ред. Шехмана Е. И. – Санкт-Петербург: Реноме, 2022. – 434 с. ISBN 978-5-00125-644-1.

Ксенофонтова Т. Ю., Далингер Я. М., Воронов А. А., Хубиева Д. К. Маркетинговое и стратегическое позиционирование предприятий гражданской авиации на межрегиональных рынках: Монография. – Воронеж: Научная книга, 2022. – 104 с. ISBN 978-5-907328-18-1.

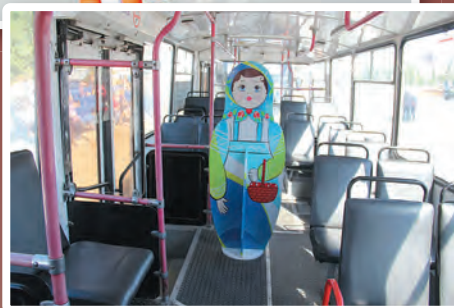
Сердюк Е. Г. Социально-психологическое сопровождение и организация доступной среды для маломобильных граждан на транспорте: Учебное пособие. – Новороссийск: ГМУ, 2022. – 50 с.

Транспортные и транспортно-технологические системы: Материалы Международной научно-технической конференции: в 2 томах / Отв. ред. Евтин П. В. – Тюмень: ТИУ, 2022. ISBN 978-5-9961-2978-2.

Хачикян П. П. Противодействие террористическим угрозам на воздушном транспорте: монография. – М.: Перо, 2022. – 409 с. ISBN 978-5-00189-978-5.

Штанг А. А., Бирюков В. В. Повышение эффективности электротранспортных систем с использованием накопителей энергии: Монография. – Новосибирск: Изд-во Новосибирского гос. технического ун-та, 2022. – 258 с. ISBN 978-5-7782-4837-3.

Составила Н. ОЛЕЙНИК ●



ВОДИТЕЛЬСКИЕ КОНКУРСЫ

В Уфе наградили победителей всероссийского конкурса профессионального мастерства «Лучший водитель грузовика».

В течение трёх дней, с 18 по 20 сентября, более 50 участников из 30 городов и муниципальных образований России: Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска, Екатеринбурга, Перми, Рязани, Сургута, Йошкар-Олы, Нижнего Новгорода, и других – боролись за звание лучшего водителя грузовика России и призовой фонд в 1 000 000 рублей, демонстрируя свои знания и мастерство в вождении грузовика.

Конкурс организован Министерством транспорта Российской Федерации, НИИ автомобильного транспорта, Правительством Республики Башкортостан и Администрацией городского округа Уфа Республики Башкортостан. Цель мероприятия – совершенствование профессиональных знаний, повышение роли и популяризация профессии водителя грузовика, формирование у участников дорожного движения стереотипов безопасного поведения.

Проведение подобных конкурсов является важной частью федерального проекта «Безопасность дорожного движения» национального проекта «Безопасные качественные дороги» и неотъемлемой частью подготовки высококвалифицированных водителей.

Конкурс прошёл на территории универсальной спортивной арены «Уфа-Арена». Участники прошли ряд испытаний на проверку водительского мастерства. В частности, это вождение грузовика по специальной трассе с определёнными условиями, а также проверка теоретических знаний и правил дорожного движения.

Соревнования проводились в двух категориях:

- до 10 тонн (автомобили ГАЗ, КамАЗ);
- свыше 10 тонн (автомобили КамАЗ).

В категории до 10 тонн 1 место завоевал Александр Климов из Липецка, Вячеслав Колосовский из Череповца занял 2 место, 3 место досталось Станиславу Кузеванову из Нижнего Новгорода.

Во второй категории «автомобили свыше 10 тонн» 1 место занял уроженец Екатеринбурга Сергей Андрианов, 2 место завоевал Петр Михайлов из Сургута, Антон Волохов из Новосибирска занял 3 место.

Награды победителям и призерам вручили директор департамента государственной политики в области автомобильного и городского пассажирского транспорта Минтранса России Сергей Семёнов, руководитель ФБУ «Росавтотранс» Валерий Куликов, генераль-



ный директор ОАО «НИИАТ» Алексей Васильков, а также заместитель премьер-министра Правительства Башкортостана Алан Марзаев. Церемония прошла в рамках Международного конгресса «Транспорт и строительство».

В программу соревнований был включён модуль «Хрупкий груз», который подразумевал максимально бережное движение по зачётной трассе. 1 место занял Сергей Андрианов, уже победивший в категории автомобилей свыше 10 тонн, 2 место – Александр Гаас из Москвы, 3 место – Владимир Болотов из Рязани.

Ранее, в июне 2022 года в Омске определили лучшего водителя троллейбуса в России.

Победителем Всероссийского конкурса профессионального мастерства стала омичка Светлана Нечепоренко. Всего в состязаниях участвовали 36 водителей троллейбуса из 29 городов.

Впервые профессиональные состязания проходили не в депо, а на Соборной площади – в центре города. Это позволило привлечь внимание большого числа зрителей к состязаниям и профессии водителя троллейбуса.

Участники конкурса продемонстрировали свои знания правил дорожного движения, мастерство в вождении электротранспорта,

а также в культуре обслуживания пассажиров. Отдельным модулем стали «Знание устройства троллейбуса, правил технической эксплуатации, должностной инструкции, основ безопасности движения и охраны труда, основ трудового законодательства» и «Приёмка троллейбуса перед выездом на линию».

Впервые водители показали умение плавного вождения. Водителю необходимо было проехать, не допустив ускорения больше $1,5 \text{ м/с}^2$, когда пассажир может упасть.

Самой молодой участницей конкурса стала 25-летняя Анжелика Выговская из Тольятти, а самым опытным – Сергей Липский из Вологды, водительский стаж которого составляет 32 года.

Организаторами конкурса выступили Минтранс, НИИ автомобильного транспорта, Правительство Омской области, Администрация города, МП Омска «Электрический транспорт».

По материалам Министерства транспорта Российской Федерации: <https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10275>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10383>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10382> ●



DRIVERS' COMPETITIONS

The winners of the All-Russian competition of professional skills «The Best Truck Driver» were awarded in Ufa.

For three days, from September 18 to 20, 2022, more than 50 participants from 30 cities and municipalities of Russia: Moscow, St. Petersburg, Novosibirsk, Yekaterinburg, Perm, Ryazan, Surgut, Yoshkar-Ola, Nizhny Novgorod, and others – fought for the title of the best truck driver in Russia and a prize fund of 1,000,000 rubles, demonstrating their knowledge and skills in driving a truck.

The competition is organised by the Ministry of Transport of the Russian Federation, Research Institute of Road Transport, the Government of the Republic of Bashkortostan and the Administration of the Ufa City District of the Republic of Bashkortostan. The purpose of the event is to improve professional knowledge, increase the role and popularise the profession of a truck driver, and promote patterns of safe behaviour among road users.

The competitions constitute an important part of the federal project «Road Safety» of the national project «Safe High-Quality Roads» and

an integral part of training of highly qualified drivers.

The competition was held on the territory of the universal sports arena «Ufa-Arena». Participants passed a series of contests to test driving skills. In particular, this is driving a truck on a special track with certain conditions, as well as testing theoretical knowledge and traffic rules.

Competitions were held in two categories:

- up to 10 tons (GAZ, KamAZ vehicles);
- over 10 tons (KamAZ vehicles).

In the category up to 10 tons, Alexander Klimov from Lipetsk won the 1st place, Vyacheslav Kolosovsky from Cherepovets took the 2nd place, Stanislav Kuzevanov from Nizhny Novgorod took the 3rd place.

In the second category «trucks over 10 tons», Sergey Andrianov, a native of Yekaterinburg, took the 1st place, Petr Mikhailov from Surgut won the 2nd place. Anton Volokhov from Novosibirsk took the 3rd place.

The awards were presented to the winners and prize-winners by Sergey Semyonov, Director of the Department of State Policy in the Field of Road and Urban Passenger Transport of the



Ministry of Transport of Russia, Valery Kulikov, Head of FBE Rosavtotrans, Alexei Vasilkov, General Director of JSC NIIAT, and Alan Marzaev, Deputy Prime Minister of the Government of Bashkortostan. The ceremony was held within the framework of the International Congress «Transport and Construction».

The competition program included the Fragile Cargo module, which meant the most careful movement along the test track. The 1st place went to Sergey Andrianov, already winner in trucks over 10 t nomination, the 2nd place to Alexander Gaas from Moscow, the 3rd place to Vladimir Bolotov from Ryazan.

Earlier, in June 2022, the best trolleybus driver in Russia was awarded in Omsk.

Svetlana Necheporenko from Omsk became the winner of the All-Russian Competition of Professional Excellence. A total of 36 trolleybus drivers from 29 cities took part in the competition.

For the first time, professional competitions were held not in the depot, but on Cathedral Square – at the city centre. This made it possible to draw the attention of a large number of spectators to the competition and the profession of a trolleybus driver.

The participants in the competition demonstrated their knowledge of traffic rules, skills in driving

electric vehicles, as well as in the culture of passenger service. A separate module was «Knowledge of the trolleybus equipment, rules of technical operation, job description, the basics of traffic safety and labour protection, the basics of labour legislation» and «Acceptance of a trolleybus before starting the route».

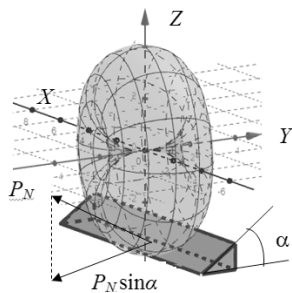
For the first time, drivers have shown the ability to drive smoothly. The driver had to drive without accelerating faster than 1,5 m/s², when a passenger could fall.

The youngest participant in the competition was 25-year-old Anzhelika Vygovskaya from Togliatti, and the most experienced was Sergey Lipsky from Vologda, whose driving experience is 32 years.

The competition was organised by the Ministry of Transport, the Research Institute of Automobile Transport, the Government of the Omsk Region, the City Administration, the MP of Omsk «Electric Transport».

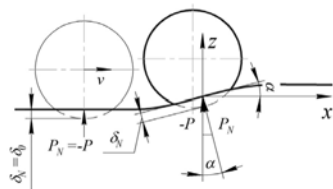
Based on the news of the Ministry of Transport of the Russian Federation:

<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10275>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10383>;
<https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10382> ●



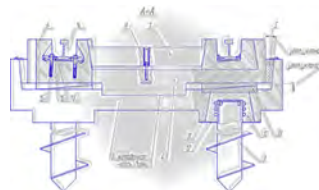
MOTOR VEHICLES 126

Interaction of the wheel with the rut and obstacles. Influence of the lateral force on the stability and controllability of a car.



WHICH TRACK WILL BE SUITABLE FOR LRT? 133

Comparison of design of the track for LRT. Analysis of existing solutions and an option for ballastless track using longitudinal sleepers.





ORIGINAL ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-1>World of Transport and Transportation, 2022,
Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 126–132

Lateral Force Evaluation in Vehicle's Wheel Interaction with a Rut



Ivan Yu. TSUKANOV



Anastasia N. LYUBICHEVA



Denis I. KOVALEV

Ivan Yu. Tsukanov¹, Anastasia N. Lyubicheva², Denis I. Kovalev³^{1, 2} Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of the Russian Academy of Sciences IPMech RAS), Moscow, Russia.³ Russian University of Transport, Moscow, Russia.✉ ² lyubicheva@mail.ru.

ABSTRACT

The operation of roads under modern conditions associated with high speeds and traffic density results in wear of pavement and formation of a rut. When crossing the ruts, instability can occur when relatively small steering inputs lead to large changes in the trajectory. The lateral force acting on a wheel of a car is of particular importance in the study of stability and controllability. The magnitude of this force is determined by various factors: tire stiffness, speed, change in the angle of rotation of the wheel, the geometry of the transverse profile of the rut.

The objective of the study refers to the problem of determining the angles of inclination of side walls of the rut that are safe for movement at different speeds. The paper considers the interaction of a car wheel with the road surface, proposes a mathematical model for interaction of a tire with ruts, considers the angle of the

wheel running on the rut wall. To describe the elastic response of a tire in contact with a rut, an elastic foundation model and a plane section method are used. The lateral force was estimated based on equations of motion of the wheel when crossing the rut. The dependences of the ratio of the lateral force to the normal load for various rut depths and angles of inclination of its walls on the angle of rotation of the wheel and the speed of the vehicle were obtained. It is shown that at a rut inclination angle exceeding five degrees, the lateral force begins to increase significantly with an increase in the angle of rotation of the wheel, as well as the speed of the vehicle, and may exceed the applied normal load. According to the condition of vehicle stability against skidding on a wet surface, limiting average angles of inclination of the side walls of the rut are estimated for various values of the vehicle speed and wheel rotation angles.

Keywords: road transport, rut, traffic safety, car wheel, lateral force, wheel steering angle, tire stiffness.

Financial support: the work was partially supported by the state budget under state assignment No. AAAA-A20-120011690132-4.

For citation: Tsukanov, I. Yu., Lyubicheva, A. N., Kovalev, D. I. Lateral Force Evaluation in Vehicle's Wheel Interaction with a Rut. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. pp. 126–132. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-1>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.

Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The development of various deformations on the road surface is primarily associated with a constant increase in speeds and in the density of transport flows. Formation of ruts on the road surface is the most common among the damages, and it leads to a decrease in the traffic safety. When a vehicle crosses a rut, additional forces arise that affect vehicle's controllability and the stability of its movement. Instability manifests itself when relatively small external influences lead to large changes in the trajectory of movement [1–3], there emerges a danger of skidding up to the point of car overturning.

The works studying the stability of the vehicle, including when crossing the rut [1–4], examine the lateral force acting on the wheel of the car. The magnitude of this force is influenced by various factors: tire stiffness, speed, change in the angle of rotation of the wheel, the geometry of the transverse profile of the rut. The geometry of the transverse profile, as a rule, is characterised by the depth of the rut¹², without considering the shape of its cross section, which also significantly affects the magnitude of the lateral force. In the first approximation, this shape can be quantified by the average angles of inclination of the side walls of the rut.

Several works, e.g., [5; 6], are devoted to construction of analytical models on the interaction of a tire with a rut on the road surface. E.g., the work [5] studies the lateral stability of a car behaviour in a rut. The presence of oscillatory instability is shown using the model of a single-track vehicle with a higher stiffness of the rear tire as compared to the front one, and at a sufficiently high speed of the vehicle. An analytical expression is obtained that describes a stability boundary. A significant number of works are devoted to the study of tire hydroplaning, a review of such works can be found in [6]. The same paper suggests a method for calculating the maximum rut depth, which allows choosing its values depending on the

requirements for the coefficient of adhesion of a tire with the pavement and for the speed of movement along a section of the road, on the depth of the water layer in the rut and the pavement roughness parameters.

The *objective* of the work is to build a *mathematical model* of interaction of a car wheel with the road surface in case of movement along a trajectory crossing the rut. When interacting with the surface of an obstacle, the tire deflections change depending on the shape of the rut. This circumstance leads to redistribution of the contact pressure, a change in the magnitude and direction of the reaction forces that arise between the tire and the road surface. The model will make it possible to evaluate the lateral force acting on the wheel, as well as to estimate the limiting average angles of inclination of the side walls of the rut at various values of the vehicle speed. To do this, the condition of vehicle stability against skidding on a wet surface will be adopted as a criterion for acceptable values of the coefficient of lateral force [3; 7].

RESULTS

Model of Interaction of a Car Wheel with the Road

The deformation of a real tire occurs under the influence of many factors depending on the properties of the materials of tire components, tread geometry and tire design, which can be taken into account in finite element modelling for specific types of tires. Due to the interaction with road surfaces of different sizes and brands of car tires, which are not known in advance, to study the effect of the dimensions of the road rut on the lateral load on the wheel, we will use a simplified phenomenological model of a car tire based on an elastic foundation model [8]. When using such a simplified model, the *method* of plane sections can be used to determine the dimensions of the contact area between the wheel and the road surface [8].

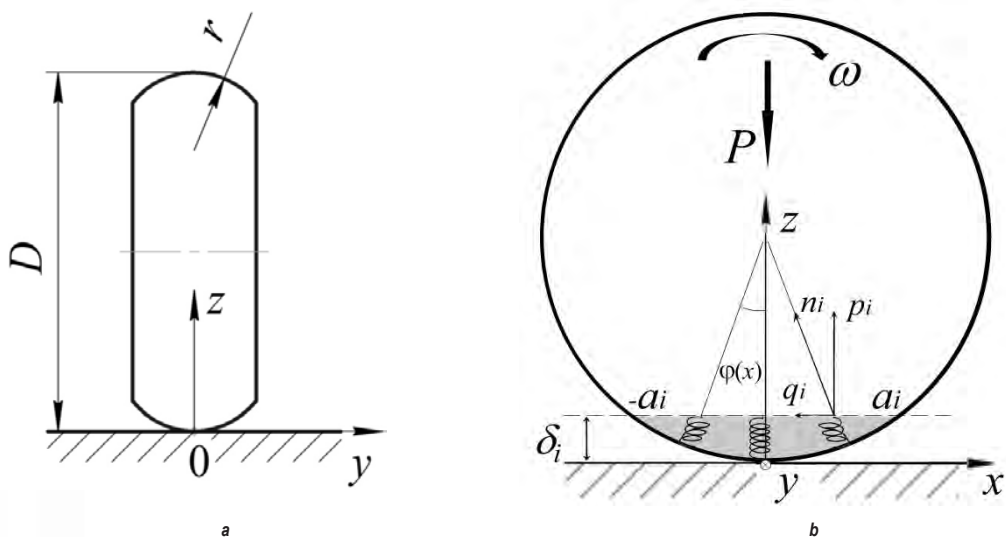
To determine the tire stiffness in the model, let's consider the interaction of a car's wheel with a horizontal plane. A vertical load P is applied to the centre of the wheel, corresponding to a fourth of the car's weight. Let us assume that the driven wheels are in free rolling mode. The pavement will be considered non-deformable.

Let us introduce a local coordinate system $Oxyz$, its origin is located at the lower most protruding point of the central section of the wheel, the axis Ox coincides with the direction

¹ GOST [State standard] 32825-2014. Public motor roads. Road surfaces. Methods for measuring the geometric dimensions of damage. Moscow, Standartinform publ., 2019, 15 p. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200117775>. Last accessed 11.10.2022.

² GOST R [Russian state standard] 50597-2017. Motor roads and streets. Requirements for the operational state, admissible under the terms of ensuring road safety. Control methods. Moscow, Standartinform publ., 2017, 27 p. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200147085>. Last accessed 11.10.2022.





Pic. 1. Model of interaction of the wheel with the road: (a) geometric model of the wheel; (b) tire deformation model in the i -th section [performed by the authors].

of rolling, Oy is parallel to the axis of rotation of the wheel. Let us represent the outer surface of the wheel as a function (Pic. 1a):

$$z_i(x, y) = R + r - \sqrt{R^2 - x^2} - \sqrt{r^2 - y^2}, \quad (1)$$

where $R = D/2$; D – the maximum outer diameter of the wheel;

r – is the curvature radius of the tread track ($r \leq 1,65H$ [9]; here H is the profile height [9]).

We cut the contact area Ω by planes perpendicular to the axis of rotation of the wheel (Oy), with a uniform step $\Delta y = y_N/N$, where y_N is the boundary of the contact area in the direction of the axis Oy ; $2N$ is the number of sections of the contact area.

In each section Ω_i in accordance with the indicated assumptions, we consider a two-dimensional contact problem, representing the deformation of the tire as the deformation of an elastic foundation with radially arranged springs (Pic. 1b) [8].

Let us write down the reaction of the foundation, directed radially to the surface, n_i and its projection p_i , normal to the horizontal surface:

$$\begin{aligned} n_i(\varphi(x), y_i) &= k_r u_r(\varphi(x), y_i), \\ p_i(x, y_i) &= k_r u_r(\varphi(x), y_i) \cos \varphi(x). \end{aligned} \quad (2)$$

Here u_r is the radial displacement of the foundation at the point, depending on the angle $\varphi(x)$; k_r is the coefficient of tire radial stiffness.

Let us note that for a symmetrical contact area, the tangent projection of the reaction q_i at each point of the section is nonzero, but the

integral value of the tangent component of the reaction in each section is equal to zero.

The projections of radial displacements on the normal direction in the i -th section of the contact area have the form:

$$u_z(x, y_i) = u_r(\varphi(x)) \cos \varphi(x). \quad (3)$$

Thus, the reaction component of the elastic foundation normal to the horizontal surface (contact pressure) is related to vertical displacements by the expression:

$$p_i(x, y_i) = k_r u_z(x, y_i). \quad (4)$$

Deformation of the surface (deflection) of the tire at $x = 0, y = 0$ will be denoted by δ_0 . The contact condition of the surfaces in the section then has the form:

$$z_i(x, y_i) + u_z(x, y_i) = \delta_0. \quad (5)$$

Therefore, the displacements in the i -th section are equal to:

$$u_z(x, y_i) = \sqrt{R^2 - x^2} + \sqrt{r^2 - y_i^2} + \delta_0 - R - r, \quad (6)$$

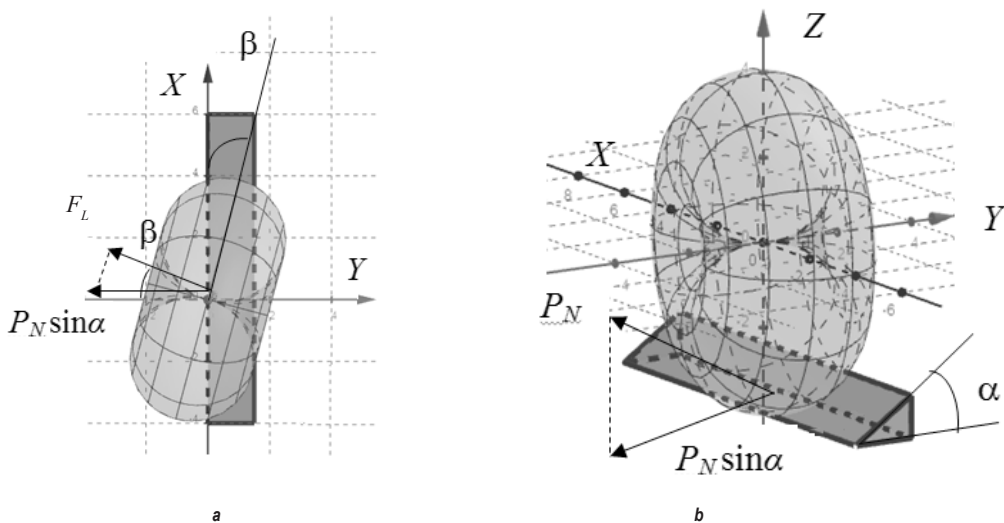
$$\text{where } y_i = \Delta y(i - I); \Delta y = y_{\max} / N, i = 1 \dots N. \quad (7)$$

Let's denote the deformation in the i -th section by the expression:

$$\delta_i = \delta_0 - r + \sqrt{r^2 - y_i^2}. \quad (8)$$

Let us determine the half-width of the contact area in the section a_i and the boundary $y_{\max} = y_N$ in the direction of the Oy axis, considering that the pressure and elastic displacements are equal to zero at the edges of the interaction area:

$$\begin{aligned} u_z(a_i, y_i) &= 0, \quad u_z(0, y_N) = 0, \\ a_i &= \sqrt{R^2 - (\delta_i - R)^2}, \\ y_N &= \sqrt{2r\delta_0 - \delta_0^2}. \end{aligned} \quad (9)$$



Pic. 2. Scheme of contact of the wheel with the rut:
(a) isometric projection; (b) top view [performed by the authors].

To determine the amount of tire deflection on a flat road in the absence of reliable information about the design and properties of tire materials, we assume the hypothesis [10; 11] that most of the tire compression work is spent on compressing the air in it. According to [10; 11] about 60 % of the total work is spent on compressing the air in the tire when the tire is deformed, i.e.:

$$0,6 W = W_{\text{air}}, \quad (10)$$

where W is the work spent on tire compression;

W_{air} is the work spent on air compression in a tire.

Work done on air compression can be defined according to [10] as:

$$W_{\text{air}} = \sigma \Delta V, \quad (11)$$

here ΔV – the change in the internal volume of the tire;

σ – the internal pressure in the tire.

The value of ΔV can be approximately determined by the volume of an elliptical segment with semi-axes defining the contact area:

$$\Delta V = \frac{1}{2} \pi a_0 y_N \delta_0 = \frac{1}{2} \pi \delta_0^2 \sqrt{2R(2r - \delta_0)}. \quad (12)$$

The work done by the normal force to deform the wheel can be defined as:

$$W = \int_0^{\delta_0} P d\delta = P \delta_0. \quad (13)$$

Using expressions (10)–(13), we obtain an equation for determining the tire deflection δ_0 :

$$\frac{1}{2} \pi \sigma \delta_0 \sqrt{2R(2r - \delta_0)} = 0,6 P. \quad (14)$$

The solution of the equation (14) is as follows:

$$\delta_0 = \frac{1}{6} \left(\frac{8r^2}{-8r^3 + \frac{3}{2} (9K + \sqrt{81K^2 - 96r^3K})^{1/3}} + 1,6 \left(-16r^3 - 3 \left((9K + \sqrt{81K^2 - 96r^3K})^{1/3} \right) \right) - 4r \right), \quad (15)$$

where the coefficient K is equal to:

$$K = \frac{1,44 P^2}{2\pi^2 \sigma^2 R}. \quad (16)$$

The tire radial stiffness coefficient in the elastic foundation model is determined by the ratio of the vertical load and tire deflection:

$$k_r = \frac{P}{\delta_0}. \quad (17)$$

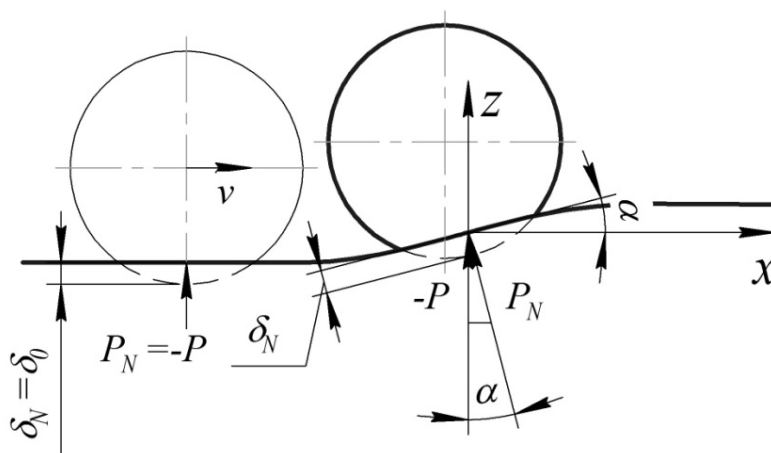
Interaction of the Wheel with the Side Wall of the Rut

Now let us consider the contact of the wheel with the rut, modelled by an inclined plane. Let us assume that the contact area is located entirely on the slope of the rut (Pic. 2).

The contact scheme in Pic. 2 is shown in the global coordinate system $Oxyz$, coinciding with the centre of the wheel; the Ox axis is directed along the edge of the obstacle. Let us denote the angle between the inclined plane and the horizontal plane as α , and the angle under which the wheel is running on the edge of the obstacle as β .

In the local coordinate system $Oxyz$, the approach of the wheel centre to the inclined surface (tire deflection) δ_N is directed along the normal to the contact area (Pic. 3), relations (5–9) are satisfied with the difference that the reaction normal to the surface is calculated according to the expression:





Pic. 3. Scheme of crossing the rut in the central section at $y = 0$ [performed by the authors].

$$P_N = -P/\cos\alpha. \quad (18)$$

The lateral force F_l , acting on the wheel when hitting an inclined plane (see Pic. 2) is determined by the projection of the normal reaction in space:

$$F_l = P_N \sin\alpha \cos\beta. \quad (19)$$

Determining the Lateral Force Acting on the Wheel When Crossing the Rut

Let us consider a shock-free passage by a wheel over a certain rut, provided that it is sufficiently long. We will use the following function as the cross-section profile of the rut:

$$z(x) = \frac{A}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi x}{L} \right), \quad x \in [0; L], \quad (20)$$

where A – the rut depth;

L – the cross-sectional width of the rut.

In practice, as a rule, the depth and the angle of inclination of the rut to the horizontal plane α are set. Since the track profile has a curvilinear shape, then by the angle α we mean its maximum value α_m . Based on the definition of the profile derivative, we get:

$$\operatorname{tg}\alpha = z'(x) = \frac{\pi A}{2L} \sin \frac{\pi x}{L}. \quad (21)$$

The maximum value of the derivative of the profile occurs at the point $x = L/2$ and is equal to 1. Then the width of the cross-section of the rut will be determined as $L = \pi A / 2 \operatorname{tg}\alpha_m \sin\beta \sqrt{a^2 + b^2}$.

Considering the rotation of the wheel through the angle β , the rut length will change. Neglecting the change in the curvature of the rut profile, we can write that:

$$L = \frac{\pi A}{2 \operatorname{tg}\alpha_m \sin\beta}. \quad (22)$$

The elastic response of the tire acting as an elastic link with stiffness k_r occurs in the

normal direction to the rut surface. Considering the model of vibrations of the wheel centre with a single mass [12] under the action of a perturbing force P_N and without considering friction in the contact, the equation of motion of the wheel centre along the plane normal to the rut surface has the form:

$$m\ddot{\delta}_N = -k_r \delta_N - P_N. \quad (23)$$

The force of reaction from the road on an elementary inclined area with an angle α , which, in turn, depends on the coordinate x , can be written as $P_N = -P/\cos\alpha(x)$. Since $x = vt$, where v is the horizontal speed of the wheel centre, we write:

$$z(t) = \frac{A}{2} (1 - \cos \gamma vt), \quad (24)$$

where $\gamma = (2 \operatorname{tg}\alpha_m \sin\beta)/A$.

Expressing the cosine of the angle α in terms of the derivative of the rut profile function, equal to $\operatorname{tg}\alpha$, and using trigonometric identities, we obtain:

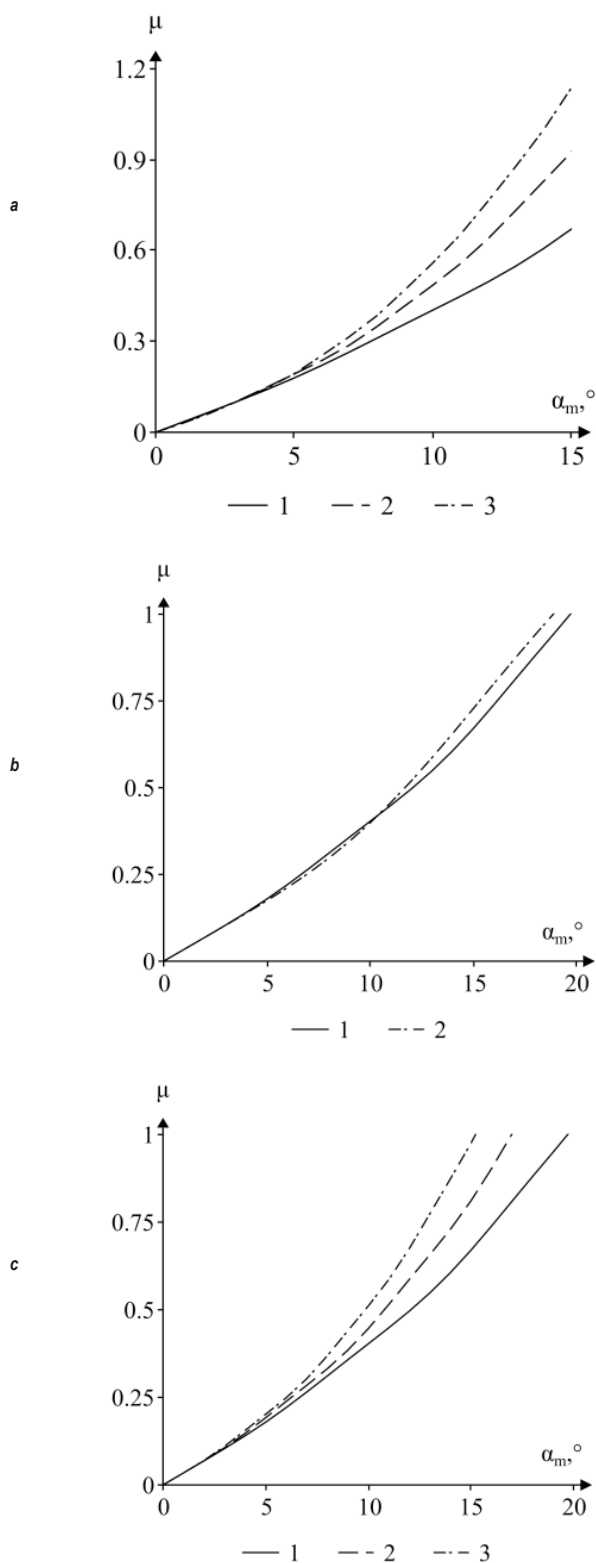
$$m\ddot{\delta}_N = -k_r \delta_N + P\sqrt{1 + 0,5A\gamma v \sin \gamma vt}. \quad (25)$$

The solution of the equation (25) has the form [13]:

$$\delta_N(t) = \frac{P}{mf} \int_0^t \sqrt{1 + (0,5A\gamma v \sin \gamma v\tau)^2} \sin f(t - \tau) d\tau, \quad (26)$$

here $f = \sqrt{k_r/m}$ – the circular frequency of free oscillations of the wheel.

The integral in the expression (26) is not to be calculated analytically, so we will determine its values numerically. In fact, we are interested in the value of the maximum dynamic force $P_{N\max} = -k_r \cdot \delta_{N\max}$. Calculations show that the maximum normal deformation of the tire is achieved at $t \approx \pi/f$. Considering



Pic. 4. Dependence of the ratio of the maximum value of the lateral force to the normal load on the wheel μ on the maximum angle of inclination of the rut profile to the horizontal plane (α_m): (a) at $A = 50$ mm, $v = 60$ km/h, 1 – $\beta = 10^\circ$; 2 – $\beta = 20^\circ$; 3 – $\beta = 30^\circ$; (b) at $\beta = 10^\circ$, $v = 60$ km/h, 1 – $A = 50$ mm; 2 – $A = 100$ mm; (c) at $\beta = 10^\circ$, $A = 50$ mm, 1 – $v = 60$ km/h; 2 – $v = 90$ km/h; 3 – $v = 120$ km/h [performed by the authors].



formula (19), it is possible to obtain the maximum value of the ratio of the lateral force to the vertical load μ when the wheel leaves the rut:

$$\mu = \frac{F_{l\max}}{P} = \frac{\delta_N \pi}{\delta_0 f} \sin \alpha \cos \beta. \quad (27)$$

RESULTS AND DISCUSSION

Pic. 4 shows the charts of dependences of the parameter μ on the rut inclination angle α , which means its maximum value α_m for the rut profile (20). Calculations were made for the following initial data typical for passenger cars: maximum outer diameter of a wheel (tire) $D = 520$ mm; tire profile height $H = 100$ mm (ratio between profile height and tire width – 50 %); radius of curvature of the tread track $r = 1,3 H$.

The calculation results shown in Pic. 4 show that changes in factors such as vehicle speed and wheel angle have almost no effect on the parameter μ at $\alpha_m < 5^\circ$. With such a small value of the rut profile inclination angle, the maximum lateral force does not exceed 25 % of the load applied to the wheel.

With a larger rut inclination angle, the lateral force begins to increase significantly with an increase in the angle of rotation of the wheel and the speed of the vehicle and may exceed the applied load. Therefore, with a large angle of inclination of the rut (obstacles), the angle of rotation of the wheel and the speed of the car should be the minimum allowable, which is confirmed by driving practices.

The rut depth, according to the above calculations, has a smaller effect on the value of μ with increasing α_m , which may be due to the assumptions made in the model, e.g., such as single-point contact, one-dimensional elastic model of the tire, neglect of friction and response of the elastic system of the car.

It should also be noted that with an increase in the rut depth, the considered shock-free model of dynamic interaction may not be applicable due to the possible separation of the wheel from the obstacle surface.

CONCLUSION

The proposed analytical model of the interaction of the car wheel with the road surface when overcoming the rut allows, in the first approximation and in the absence of detailed data on the tire structure, vehicle parameters, to estimate the value of the lateral force acting on the wheel depending on the main parameters of the car and the rut. The elastic tire model can also be integrated into more complex dynamic vehicle models to account for driving on uneven road surfaces.

REFERENCES

1. Rotenberg, R. V. Vehicle suspension and vibrations [*Podveska avtomobilya i ego kolebaniya*]. 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Mashgiz publ., 1960, 356 p.
2. Pevzner, Ya. M. Vehicle stability theory [*Teoriya ustojchivosti avtomobilya*]. Moscow, Mashgiz publ., 1947, 156 p.
3. Chudakov, E. A. Theory of the car [*Teoriya avtomobilya*]. 3rd ed., rev. and enl. Moscow, Mashgiz publ., 1950, 343 p. [Electronic resource]: <https://www.chipmaker.ru/files/file/17937/> [access restricted for subscribers only].
4. Lushnikov, N. A., Lushnikov, P. A., Kovalev, D. I. About determining acceptable slope angles of rut side walls according to the vehicle stability against skidding on a wet road pavement. *Dorogi i mosty*, 2022, Iss. 1 (47), pp. 152–160. [Electronic resource]: <https://rosdornii.ru/upload/iblock/187/5dirodkm7wqm9sp7xba3jwu6yno8qxqt/10.-Lushnikov--N.A.pdf>. Last accessed 12.09.2022.
5. Besselink, I. J. M., Achrfi, S., Nijmeijer, H. Lateral Vehicle Dynamics on Rutted Roads. Advances in Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks. IAVSD 2019. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer, 2020, pp. 1242–1251. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-38077-9_143.
6. Aleksandrov, A. S., Semyonova, T. V. Method for calculating the limit rut depth for safe traffic. *The Siberian Transport University Bulletin*, 2022, Iss. 1, pp. 104–116. DOI: 10.52170/1815-9265_2022_60_104.
7. Fedotov, G. A., Pospelov, P. I. Surveys and design of highways [*Izyskaniya i proektirovanie avtomobil'nyh dorog*]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2009, 648 p. ISBN 978-5-06-006056-0.
8. Johnson, K. L. Contact Mechanics. Moscow, Mir publ., 1989, 510 p. ISBN 5-03-000994-9.
9. Mozgalyov, V. V., Lipyanin, P. K. Calculation and design of rubber products and forms [*Raschet i konstruirovaniye rezinovykh izdeliy i form*]. Minsk, BSTU publ., 2010, 149 p.
10. Biderman, V. L. Car tires [*Avtomobil'nye shiny*]. Moscow, Goshimizdat publ., 1963, 384 p.
11. The operation of a car tire [*Rabota avtomobil'noy shiny*]. Ed. by V. I. Knoroz. Moscow, Transport publ., 1976, 238 p.
12. Panovko, Ya. G. Fundamentals of applied theory of oscillations and impact [*Osnovy prikladnoi teorii kolebaniy i udara*]. 3rd ed., rev. and enl. Leningrad, Mashinostroenie publ. (Leningrad branch), 1976, 320 p. ●

Information about the authors:

Tsukanov, Ivan Yu., Ph.D. (Eng), Senior Researcher at the Tribology Laboratory of Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of Russian Academy of Sciences (IPMech RAS), Moscow, Russia, ivan.yu.tsukanov@gmail.com.

Lyubicheva, Anastasia N., Ph.D. (Physics and Mathematics), Senior Researcher at the Tribology Laboratory of Ishlinsky Institute for Problems in Mechanics of Russian Academy of Sciences (IPMech RAS), Moscow, Russia, lyubicheva@mail.ru.

Kovalev, Denis I., Lecturer-Researcher at Russian University of Transport, Moscow, Russia, kov_deni@mail.ru.

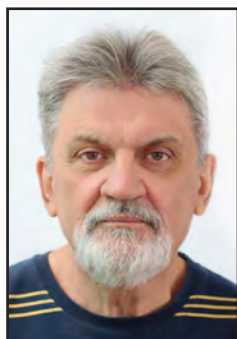
Article received 29.09.2022, approved 02.11.2022, accepted 04.11.2022.



Rail Track for Light Rail Transit Systems



Aleksey M. ZHELUDKEVITCH



Sergey L. ZAYARNY

Aleksey M. Zheludkevitch¹, Sergey L. Zayarny²

^{1, 2} CJSC KPM-Service, Kaluga, Russia.

² Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russia.

✉ ² texnakon@yandex.ru.

ABSTRACT

The analysis of the well-known designs and technologies for manufacture of rail tracks for light rail transit (LRT) allows to assess trends in development of this type of transportation, as well as to reveal an underestimation of public rail transport referring to the existing «tendency to eliminate tram traffic» in several Russian cities, despite the problems of urban ground passenger transport associated with a limited resource of urban space.

The prospects for development of urban ground passenger transport systems of LRT type were considered regarding adoption of new types of rolling stock, infrastructure development, reduction of costs and time of renewal of existing and construction of new tracks.

The objective of this article is to present an option of a rail track design for LRT considering its structural and technological features, as well as comparative assessment of its technical and economic indicators. The research method is based on the analysis of the current state, prospects, and trends in development of LRT in Russia, which made it possible to propose a solution to the existing problem of urban passenger transport. Research was reflected in relevant

patents, in pending applications for alleged inventions, as well as in experience of manufacturing full-scale samples.

Comparative assessment referred to the known designs of sleeper and sleeperless, ballast and ballastless track used for light rail transit.

A prefabricated, two-level structure of a ballastless rail track for light rail transit is suggested. The design consists of a pile foundation with superposed longitudinal sleeper track connected by transverse braces. The design and technological features, as well as advantages of the proposed design in terms of essential indicators are shown in comparison with the known rail track designs for light rail transit.

It is shown that the proposed track design makes it possible to develop a self-sufficient, self-organising logistics system and to quickly proceed with permanent construction, processing passenger traffic and cargo flows. Since the concept of «from infrastructure to facility» is replaced by the concept of «from facility to infrastructure», it allows development of the facility to outpace development of transport infrastructure, as a costly system with a distant payback.

Keywords: light rail transit, tram lines, rapid tram transit, sleeperless foundation, ballastless foundation, self-organising logistics system.

For citation: Zheludkevitch, A. M., Zayarny, S. L. Rail Track for Light Rail Transit Systems. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 133–142. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-2>.

**The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.**

INTRODUCTION

Currently, there is some uncertainty in assessing the prospects for development of light rail transit. On the one hand, the problems of urban ground passenger transport associated with a limited resource of urban space are highlighted, and on the other hand, there is an underestimation of the role of public rail transport in solving this problem, along with «trends to eliminate tram traffic» [1, p. 6] in several Russian cities.

The underestimation of public rail transport is becoming more and more noticeable as the number of individual cars grows, which leads to an increase in traffic jams and a sharp (up to 7–10 km/h) decrease in the speed of the traffic flow.

Traditional and high-speed trams are commonly referred to as light rail transit (LRT). Their traffic carried out both within the general traffic flow on city streets, and within an autonomous system, on dedicated sections of the track, which, in the case of rough or hilly terrain, can be carried out on overpasses [2]. The International Association of Public Transport (UITP) understands LRT as electric rail transport, which is developing from a tram to a high-speed transport system operating on partially separated tracks (i.e., separation is not required throughout the route) [1, p. 14; 3]. At the same time, rapid tram lines include sections of tram lines with a length of at least 2 km, on which design speeds of up to 21 km/h or more are achieved during peak hours [1, p. 14]. According to Code of rules¹, the main feature of LRT is the limited permissible axle load, as well as the fact that there is no need for a completely autonomous space to organise its safe operation. This predetermines the good prospects for LRT, which is confirmed by the evolution of this type of transportation in many countries. Having a 1,5–2 times lower permissible axle load compared to the metro, LRT has a lower cost of construction per 1 km of track.

However, even such costs for cities with a population of up to 1,5–2 million and its low density are significant, which makes the issue of development of LRT in such cities debatable and requires a comprehensive justification. As an alternative solution for small towns, one should consider the construction of an LRT line of

a length of only a few kilometres along a limited number of corridors, with a passenger flow of at least 1,5 thousand passengers per hour [2].

The *objective* of this article is, based on the research: to present an option of the design of rail track for LRT with a consideration of its structural and technological features followed by comparative assessment of its technical and economic indicators; based on the proposed option of LRT track design and the relevant patents and applications for alleged inventions, as well as on the experience in manufacturing full-scale samples of the proposed LRT track, to consider a possible concept for its development, providing a solution to existing and potential problems of urban passenger and industrial transport.

An analysis of the current state of LRT in Russia used as a research *method* made it possible to identify the prospects for and trends in development of this type of transportation considering the diversity of conditions for development of transport infrastructure in different cities.

RESULTS

Problems and Prospects for LRT Development

The advantages of light rail «over other types of urban ground passenger transport, include in particular: increase in the speed of traffic and reduced average time of access to transportation in urban agglomerations, environmental friendliness, vehicle unit capacity, low costs for transportation per passenger (40 % lower than in a bus), durability (life cycle is up to 35 years)» [1, p. 5]. A very important advantage of LRT is the most efficient use of a limited resource of urban space [1; 6].

However, despite the «advantages of LRT over other types of urban ground passenger transportation, today in Russia, the number of cities with tram systems is decreasing and the tendency to eliminate tram traffic prevails. According to 2018 data, tram traffic existed in 61 cities in Russia, while tram traffic was suspended: in 2007 – in Astrakhan; in 2008 – in Ivanovo; in 2009 – in Voronezh; in 2010 – in Ryazan; in 2013 – in Noginsk (Moscow region); in 2015 – in Dzerzhinsk (Nizhny Novgorod region); in 2018 – in Tver and Komsomolsk-on-Amur (Khabarovsk region)» [1, p. 6].

Despite the noted negative trend towards the degradation of the tram system up to its complete closure, there are also elements showing

¹ SP 84.13330.2016. Code of rules. Tram tracks. Updated version of SNiP III-39-76. In force from 2017–06–17. Federal Agency for Technical Regulation, 36 p. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/456054203>. Last accessed 16.08.2022.

a positive trend that are manifested in development of projects for creation of new rail transport systems (in particular, using the existing infrastructure), including projects aimed at modernising and developing rail transport in a number of cities of the Russian Federation: Kaliningrad, Samara, Vladivostok, St. Petersburg [4]. Work is underway on a project for a rapid tram line that will connect the east of the capital city with Balashikha near Moscow [5].

In addition, within the framework of the research work «Development of a transport strategy for Novosibirsk region until 2030», «urban rail transport is singled out as a separate subsection, similar to a separate subparagraph in the Transport strategy of the Russian Federation»², which provides for «development of urban rail transport in the core of *public passenger transport* in Novosibirsk agglomeration»³. In particular, «The tram development strategy provides for development of a Sectoral model for integrated development of rapid and conventional tram systems with separate stages of construction and of a feasibility study; reconstruction of the existing tram network with separation of track sections»³.

A possible shift in distribution of total passenger traffic between different types of transport in favour of rail transport can be facilitated by its large carrying capacity, a high level of comfort, environmental friendliness, and aesthetics.

Besides, promising can be the application of the concept, called tram-train, which provides for the connection of the urban rail transport network with the suburban railway network. Through it, the use of dual-system cars ensures their circulation both on tram lines and on electrified lines of suburban railways. So, tram rolling stock, leaving a city, follows the suburban railway line to reach another one, and within the city limits it circulates along tram lines [1; 6].

To a large extent, the negative trends associated with functioning of tram systems are

due to the problem of underfunding, «the solution to which can be facilitated by the implementation of projects for development of LRT networks with involvement of extrabudgetary sources on the terms of public-private partnership» [1, p. 3].

Known Track Construction Design and Technologies for LRT

According to mentioned SP¹, the main parts of the tram track structure that absorb the load from wheels of the tram car and transfer them to the roadbed include rails, under-rail base (sleepers or a solid reinforced concrete base designed to absorb loads from rails and transfer them to the ballast layer or roadbed). At the same time, the well-known tram track structures can be divided into two large groups: I – with foundations with sleepers; II – sleeperless ones. Tracks without sleepers can be divided into two subgroups: II, a – with ballast; II, b – without ballast. The requirements imposed on their design are the same as for the railway track, besides, there are requirements imposed due to the movement of non-rail transport along tram tracks.

The rail track, with a sleeper base made in the form of a track grid, is the most common. This predetermines one of its main operational advantages, since for its construction and maintenance, e.g., track facilities divisions of JSC Russian Railways can use various track machines that move along the railway track [7]. At the same time, along with them, when building an LRT track in an urban environment, it is advisable to use dual mode, road-rail track machines, providing the necessary quality of track alignment [8; 9]. Other advantages of the «sleeper track design are low capital costs; ease of maintenance and upgrade; sufficiently long service life» [10, p. 18].

«However, along with the advantages, the base made of crushed stone ballast also has a significant drawback. So, ...the presence of voids distributed between its particles ranging in size from 20 to 60 mm, with dynamic compression of the ballast, under the impact of rolling stock, leads to its sedimentation, and displacement and abrasion of crushed stone particles lead to its destruction. It is possible to optimise the superstructure of the ballast track by increasing the area of contact between the reinforced concrete sleepers and the ballast» [10, pp. 18, 21].

² Transport strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast for the period until 2035. Decree of the Government of the Russian Federation No. 3363–3 dated November 27, 2021 [Electronic resource]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202112030006>. Last accessed 16.08.2022.

³ Research work «Development of a transport strategy for Novosibirsk region until 2030», pp. 42–43 [Electronic resource]: <http://vseon.com/analitika/programmy/transportnaya-strategiya-nso-do-2030-goda>. Last accessed 16.08.2022.



«Reducing the pressure on the ballast can be achieved by abandoning the transverse sleepers and replacing them with longitudinal sleeper track, the greater bending stiffness of which ensures a more uniform distribution of loads on the ballast» [10, p. 22]. «The simple design of the longitudinal sleepers ensures their easy installation and allows you to place the lawn inside the railway track, which has a beneficial effect on the environment» [10, p. 22]. «The experience of using longitudinal sleepers for tram tracks is known in Poland, and in Russia there is the experience in using longitudinal sleepers namely in the tunnels of the Moscow Metro, where the tracks are embedded in concrete, which does not require transverse elements to maintain the gauge» [10, p. 22]. Known are monolithic design of longitudinal sleepers and a design of a longitudinal sleeper track developed by the authors, consisting of longitudinal sleeper slabs, with rail fasteners installed in them, connected by cross braces made in the form of a prefabricated structure [12]. Thus, a prefabricated, closed, single frame element of the rail track is formed, which is profile-coupled with the longitudinal sleeper slab, and which ensures the formation of straight, transitional, and circular sections of the rail longitudinal sleeper track with the possibility of its alignment in the profile and plan, as well as with the possibility of their element-by-element dismantling.

However, a significant factor hindering widespread introduction of the ballast longitudinal sleeper track is associated with missing of track machines in track divisions that can provide a necessary level of mechanisation of works during track construction and maintenance.

Ballastless track design is an alternative to a ballast track, when building large transport facilities within the city [13], the advantages of ballastless design include track geometry stability, low cost of its current maintenance. At the same time, «high initial investment in construction pays off due to the lower cost of ongoing maintenance. In addition, important is one of the traditional areas of application of a ballastless track which is a an elevated track» [13, p. 133], which is especially in demand for complex terrain.

«There is a well-known track design consisting of a sleeperless, ballastless NFF (Neue Feste Fahrbahn) foundation of Gleistechnik GmbH of the ThyssenKrupp concern» [10, p. 47], and of the track

superstructure of the track, consisting of two longitudinal sleepers connected by rigid crossbars, forming a supporting rail grid.

«Sleeperless bases include structures of a vibration-protective track, consisting of reinforced concrete longitudinal sleepers attached to the rail sole, each of which is placed in a trough-shaped rubber cover, embedded in track concrete. This design provides reduction in vibration and noise, reduction in material consumption for rail fastening parts, increase in labour productivity while manufacturing under-rail base parts, as well as during current maintenance of the track with replacement of the under-rail base» [11, p. 52]. This track design can also be used for industrial transport tracks [13; 14, SP⁴].

Proposed Design and Construction Technology for LRT Track

The design of LRT track proposed below, which is the rational implementation of the ballastless elevated track [1; 10; 13, SP¹], consists of longitudinal sleeper slabs, with rail fastenings installed in them, and connected by cross braces, made in the form of a prefabricated, two-level structures (Pics. 1–3).

Pics. 1, 2 show a frontal view and a top view of the proposed LRT track, consisting of a monolithic pile support 1, an element of which is a transverse beam 3, and a prefabricated frame structure of longitudinal sleeper track 2 installed on them.

The elements of the prefabricated frame structure of the longitudinal sleeper track 2 include support beam 4 of the upper-level transverse connection; elastic elements 5 which according to GOST⁵ are made with a surface bevelled at a certain angle and matching with an inclined side surface of the beam 3; longitudinal sleeper slabs 6; spacer beam 7; screw coupling 8.

⁴ SP 37.13330.2012. Code of rules. Industrial transport. Updated edition of SNiP2.05.07–91. In force from 2013–01–01. [Electronic resource]: https://hseblog.ru/kb/document/2996/files/11810/СП%2037.13330.2012%20Промышленный%20транспорт.%20Актуализированная%20редакция%20СНиП%202.05.07–91%20%28с%20Изменениями..._Текст.pdf. Last accessed 16.08.2022.

⁵ GOST [State standard] 32020 2012. The rubber supporting parts for bridge construction. Technical specifications (EN 1337–1:2000, NEQ) (EN 1337–3:2005, NEQ) (EN 1337–11:1997, NEQ). [Electronic resource]: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1663591807&tld=ru&lang=ru&name=4293781960.pdf&text=.%20ГОСТ%2032020&url=https%3A%2F%2Ffiles.stroyinf.ru%2FData%2F1%2F>. Last accessed 16.08.2022.

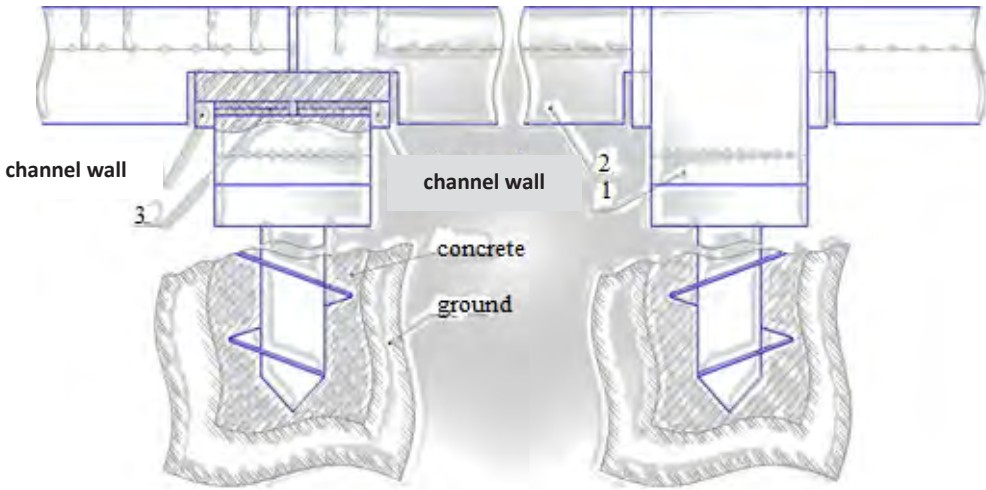


http://www.rzd-expo.ru/innovation/infrastructure/way_and_structures/

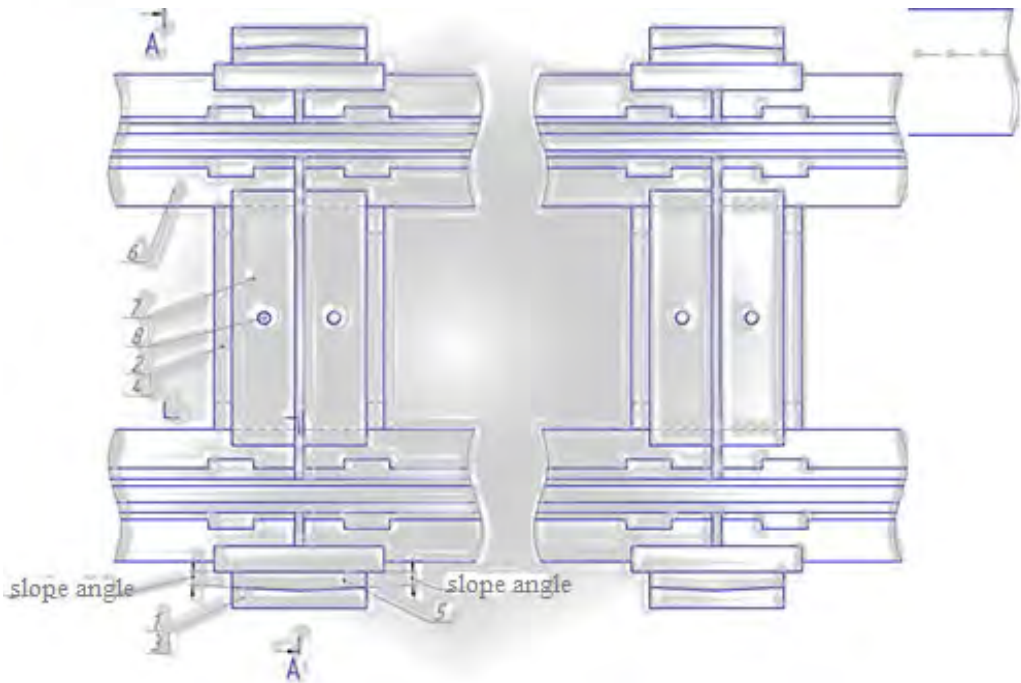
Pic. 3 shows the A-A cross-section of the proposed LRT track, which shows the elements of a monolithic pile support 1 and a prefabricated frame structure of the longitudinal sleeper track 2. The elements of a monolithic pile support 1 include pile supports 9 of a known screw, bored or bored injection design, fixing mounting blocks 10 located on the sides of the

transverse beam 3 and formed inside the holes 11, using the lower metal formwork 12. At the same time, the ends of the reinforcement of the transverse beam 3 are brought inside the holes 11, which are preferably conical in shape.

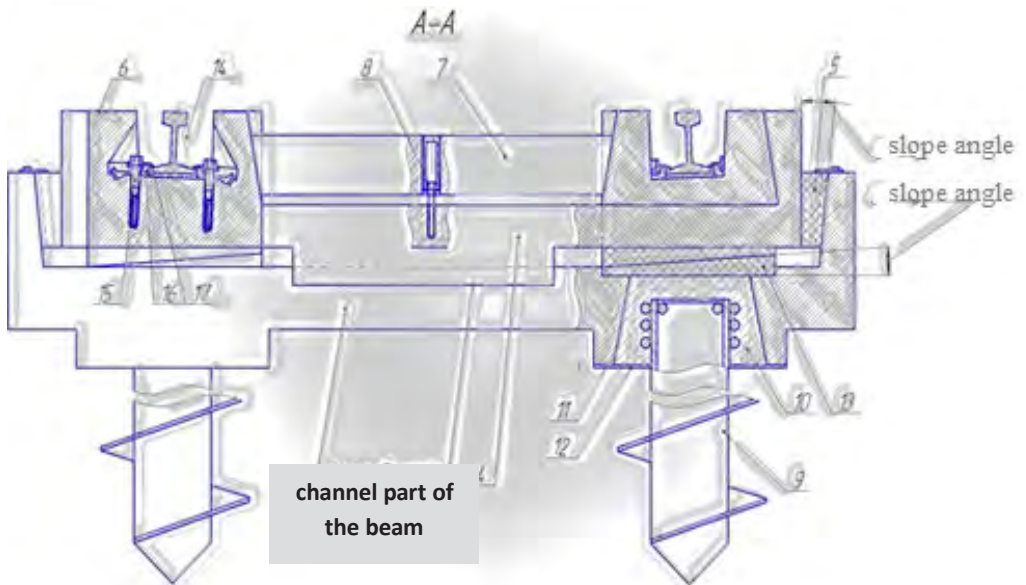
The elements of the prefabricated frame structure of the longitudinal sleeper track 2 include support beam 4, elastic elements 5 which



Pic. 1. Front view of the proposed LRT track: 1 – monolithic pile support, 2 – prefabricated frame structure of longitudinal sleeper slab, 3 – twin elastic support elements [performed by the authors].



Pic. 2. Top view of the proposed LRT track: 1 – monolithic pile support, 2 – prefabricated frame structure of longitudinal sleeper track, 3 – crossbeam, 4 – support beam, 5 – elastic elements, 6 – longitudinal sleeper slab, 7 – spacer beam, 8 – screw coupling [performed by the authors].



Pic. 3. Section A-A of the proposed LRT track: 3 – transverse beam, 4 – support beam, 5 – elastic elements, 6 – longitudinal sleeper slab, 7 – spacer beam, 8 – screw coupling, 9 – pile supports, 10, 11 – fixing mounting blocks in the holes, 12 – metal formwork, 13 – twin elastic support elements, 14 – channels of slabs, 15, 16, 17 – rail track fasteners [performed by the authors].

are made with a surface bevelled at a certain angle, matching with the inclined side surface of the beam 3, paired elastic support elements 13 with matching surfaces bevelled at a certain angle, longitudinal sleeper slabs 6, spacer beam 7, screw coupling 8. Niches in channels 14 of the longitudinal sleeper slabs 6 are made to install rail track fasteners 15, 16, 17, of a known design.

The matching inner surface of the longitudinal sleeper slabs 6 and the end surfaces of the spacer beam 7 are made with a slope, which ensures their wedging, within the limits of the side surfaces of the support beam 4, by the expansion force achieved by installing a screw coupling 8 between the support beam 7 and the spacer beam 4.

To develop the LRT track, pile supports, made in accordance with SP⁶, are installed at the design points of the track in the profile and plan. Then industrially manufactured transverse beams 3 are installed. After a possible adjustment of the position of the transverse beam 3 in the profile and plan, concrete is poured into the space limited by the surface of the holes in the transverse beam 3 and pre-installed lower metal formwork 12. This ensures formation of fixing mounting blocks 10 and, as consequence, formation of a monolithic pile support 1.

On the formed monolithic pile base 1, a prefabricated frame structure 2 of the longitudinal sleeper slab is installed, while a transverse support beam 4 is installed on the transverse beam 3 of the monolithic pile support 1. Elastic elements 5, 13 are installed between the supporting and side surfaces of the beams 3, 4. The elastic elements provide adjustment and fixation of the position of the beams 3, 4 relative to each other. The elastic elements 13 are made twinned with matching surfaces bevelled at some angle.

Their relative longitudinal displacement provides adjustment of the relative vertical position of the beams 3, 4 and thereby corrects the position of the track slab in the profile. The elastic elements 5 are made with a surface bevelled at some angle, matching with the inclined side surface of the beam 3. The vertical displacement of the elastic elements 5 on both

sides of the beam 3 provides adjustment and fixation of the position of the beams 3, 4, which is transverse relative to the axis of the track, and thereby correcting position of the track in plan. After the support beams 4 of the longitudinal sleeper track are installed, the end parts of the longitudinal sleeper slabs 6 are placed on them, fixing themselves with their outer side surfaces along their inner side surfaces, after which spacer beams 7 are installed between the inner surfaces of the longitudinal sleeper slabs 6, fixing their end surfaces along the inclined inner side surfaces of the longitudinal sleeper slabs. The combination of these matchings forms two three-element profile connections, the execution of which has the property of self-fixing under the action of the own weight of the spacer beam 7. If necessary, additional fixation of such a connection can be provided by tightening the support and spacer beams using a coupler 8. The sequence of the above operations ensures formation of a prefabricated, closed, single element of the frame longitudinal sleeper track with a possibility of its dismantling. After the rail is installed, rail fasteners 15, 16, 17 of known design are installed.

When developing new territories where there is no road infrastructure, it is advisable to build the LRT track through two stages. At the first stage, the construction of the LRT track is carried out in an intermediate, technological version. In this case, concrete is not poured into the space limited by the surface of the holes in the transverse beam 3 and pre-installed lower metal or reinforced concrete formworks 12. This ensures formation of the support of the fixing mounting blocks 10, movable in the transverse direction and fixed in the vertical direction. The technological track formed in this case allows the use of technological track machines, which ensure the construction of the LRT track in the forward direction, from the starting point to the end points, according to the «lay-and-drive» scheme. When moving in the opposite direction, process include injections of the concrete into the pile supports, possible adjustment of the position of the transverse beam 3 in the profile and plan, pouring concrete into the space limited by the surface of the holes in the transverse beam 3 and formwork 12, all this ensuring the formation of a monolithic pile support 1.

There is particularly important to provide LRT tracks with a large traffic load with due routine maintenance and repairs [15]. Speaking

⁶ SP 24.13330.2021. Set of rules. Pile foundations. Updated edition of SNiP 2.02.03-85. Introduction date 2011–05–20. [Electronic resource]: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1663826580&tld=ru&lang=ru&name=SP_24.13330.2011. Last accessed 16.08.2022.



Table 1

Comparative costs of the ballast track (based on ZhelDorSpetsProekt* data) and the proposed ballastless LRT track [compiled by the authors]

No.		Cost,	
	Name	mln rub./km	mln rub./km
		known ballast LRT track ⁶	proposed ballastless LRT track
1	Roadbed	3,1	0
2	Track superstructure		
2.1	Track laying with separate elements	9,8	2,5
2.2	Track ballasting	1,7	0
2.3	Straightening and tamping machine	4,2	0
3.	Materials		
3.1	Rails of R65 type	10,4	10,4
3.2	Sleepers	5,7	0
3.3	2R-65 joint bars and elements	1,1	0
3.4	Sand, loam, gravel (total 14000 m ³)	8,3	0
	Concrete, 20 m ³	0	0,12
3.5	Other	4,9	4,9
4	Loading and transporting material	4,2	0,42
5	Pile foundation, 990 pcs/km	0	10,5
6	Support beam (grillage), 330 pcs/km	0	1
7	Strut beam, 330 pcs/km	0	0,66
8	Longitudinal sleeper slabs, 660 pcs/km	0	6,6
	Total	53,4	37,1

* Cost of construction of 1 km of railway. ZhelDorSpetsProekt design and construction company. [Electronic resource]: <https://желдорспецпроект.рф/calculate>. Last accessed 16.08.2022.

about urban transport systems, it is worth highlighting among the most important problems those of current maintenance that is conducted under the conditions of dense urban development, and the problems of frequency of repairs, as well as the provision of traffic intervals for maintenance works. The design and high industrial readiness of track elements of the proposed design supposes repair of the track by replacing its elements, and alignment of the track can be carried out at reference points above the pile foundation. This significantly reduces the cost and duration of the works.

Consideration of the known and proposed design of the LRT track allows comparing them in terms of the main quality indicators.

Design: prefabricated modular structure combining load-bearing elements and rail track elements with high industrial readiness is made with separately mounted elements fastened with profile connections and does not involve the use of inter-rail fastenings; it is effective on straight and curved sections of the track of a small radius; in combination with a slab base, it provides formation of curved track sections with a small radius.

Table 2

Comparative indicators of quality of rail tracks [compiled by the authors]

Quality indicators	Ballast track	Non-ballast track	Proposed track design
Capital construction costs	average (1)	high (0)	low (2)
Maintenance costs	high (0)	low (2)	low (2)
Possibility of straightening the track	high (2)	low (0)	average (1)
Possibility of renewal	high (2)	average (1)	average (1)
Noise and vibration dampening	high (2)	average (1)	average (1)
Unification of track elements	high (2)	average (1)	average (1)
Generalised indicator	9	5	8

Technology: high industrial readiness; a high degree of mobility and mechanisation during modernisation, construction and operation of the rail track using dual-mode machines with attached standard and specialised equipment.

Operation: modular design reduces repair and maintenance time; ensures effective maintenance of the necessary positioning of the track in profile and plan.

Scope: modernisation of old and construction of new tram tracks; construction of rapid tram tracks; construction of rail tracks for light transport of industrial enterprises; construction of rail tracks as a primary transport infrastructure while developing new territories of industrial zones.

It should be especially noted that historically the track was used as a road structure in undeveloped territories. The proposed LRT design makes it possible to practically implement this possibility, as it is a self-reliable and self-organising logistics system that allows quickly organising permanent construction, processing passenger traffic and cargo flows. Considering organisational, logistical and infrastructural benefits, this significantly reduces the time for development of remote and hard-to-reach territories.

In this case, the concept «from infrastructure to facility» is replaced by the concept «from facility to infrastructure». In this case, development of the facility may outpace development of transport infrastructure, as a costly system with a distant payback.

Dual-mode rail-road rolling stock (vehicles) can be used for construction and maintenance of the LRT track [9].

A comparative analysis of costs according to the 2022 data of design and construction

company ZhelDorSpetsProekt and CJSC KPM Service, shown in Table 1, demonstrates that the savings in the cost of manufacturing the proposed balastless LRT track, compared to the cost of manufacturing a ballast LRT track, are about 30 %.

Comparative indicators of quality of the rail track, considering the work [11] and the data of CJSC KPM Service, determined by the expert method and shown in Table 2, allow arguing that the proposed design of the LRT ballastless track is superior in terms of the main indicators (lines 1, 2) and in terms of the generalised indicator it is not inferior to the quality indicators of the ballast track.

CONCLUSIONS

Prospects for development of urban ground passenger transport, which belongs to the LRT category, are associated with the adoption of new types of rolling stock, infrastructure development, reduction in cost and time of modernisation of existing and construction of new tracks. Social and economic effects of implementation of LRT projects have been studied in many research sources referring to practices of the United States, Japan, Indonesia, Malaysia [16–19] as well as to comparative evaluation of urban LRT systems and urban mass transit systems focused mainly on bus operations [20].

The authors’ study has made it possible to present an option of the LRT track and, upon considering its design and technological features, as well as relative technical and economic indicators, to determine its viability. Besides, the proposed version of the LRT track allows developing LRT concept based on «from facility to infrastructure» principle instead of «from



infrastructure to object», in which development of a facility can outstrip development of transport infrastructure, as a costly system with a distant payback.

The results obtained allow us to suppose that the proposed LRT design along with the technology of its manufacture is a possible option for solving the problem of modernisation of existing and building new light rail transit passenger and industrial tracks.

REFERENCES

1. Kachkin, D., Arutyunyan, L. Assessment of prospects for development of PPP in urban surface rail transport [Otsenka perspektiv razvitiya GChP v gorodskom nazemnom relsovom transporte]. Kachkin and partners, law office, 2019, 43 p. [Electronic resource]: https://www.kachkin.ru/wp-content/uploads/2019/10/kachkin_tram_2019_fin_web.pdf. Last accessed 06.09.2022.
2. Kotlyarov, M. A. Urban passenger transport [Gorodskoy passazhirskiy transport]. Part 1. Transport in the system of sustainable urban development [Chast 1. Transport v sisteme ustoychivogo gorodskogo razvitiya]. Yekaterinburg, printing house «Alfa Print», 2019, 30 p. ISBN 978-5-907080-50-8.
3. Urban rail transport – concept and implementation [Gorodskoy relsoviy transport – kontseptsiya i realizatsiya]. Zheleznie dorogi mira, 2009, Iss. 11, pp. 29–36. [Electronic resource]: https://zdmira.com/images/pdf/dm2009-11_29-36.pdf. Last accessed 06.09.2022.
4. Reznikov, I. L., Istomina, L. Yu., Baranov, A. S., Sabelnikova, E. S. Determining the optimal type of rail transport for Russian cities: the experience of Kaliningrad, Samara, Vladivostok, St. Petersburg [Opredelenie optimalnogo vida relsovogo transporta dlya gorodov Rossii: opyt Kaliningrada, Samary, Vladivostoka, Sankt-Peterburga]. Transport Rossiiskoi Federatsii. Special issue, 2015, pp. 15–21. [Electronic resource]: http://rostransport.com/science_transport/pdf/2015/15-21.pdf. Last accessed 16.08.2022.
5. Light Rail Project. *World of Transport and Transportation*, 2013, Iss. 3 (57). [Electronic resource]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/378>. Last accessed 17.09.2022.
6. Dranchenko, Yu. N. Organisation of passenger railway transportation in the metropolitan system «City-suburb». Ph.D. (Eng) thesis [Organizatsiya passazhirskikh zheleznodorozhnykh perevozok v megapolisnoi sisteme «Gorod-prigorod». Dis... k.t.n.]. Moscow, RUT (MIIT), 2019, 248 p. [Electronic resource]: https://rut-miit.ru/content/Диссертация.pdf?id_wm=811503. Last accessed 17.09.2022.
7. Popovich, M. V., Bugaenko, V. M., Volkovoinov, B. G. [et al]. Track machines: Textbook [Putevie mashiny: Uchebnik]. Ed. by M. V. Popovich, V. M. Bugaenko. Moscow, Zheldorizdat publ., 2007, 756 p. ISBN 978-5-9994-0003-1.
8. Tarasov, D. E. The Developments of Hybrid Road-Rail Rolling Stock in Russia. *World of Transport and Transportation*, 2017, Vol. 15, Iss. 2 (69), pp. 74–80. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-2-7>.
9. Baiko, N. I., Zayarny, S. L., Mokin, D. G. Study of the mathematical model of straightening the railway track by a machine on a combined run [Issledovanie matematicheskoi modeli vypravki zheleznodorozhnogo puti mashinoi na kombinirovannom khodu]. Collection: *Science-intensive technologies in instrumentation and mechanical engineering and development of innovative activities at the university. Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference*, Vol. 3, pp. 23–27. [Electronic resource]: https://conference.bmstu-kaluga.ru/uploads/userfiles/december_2017_3.pdf. Last accessed 20.09.2022.
10. Savin, A. V. Application conditions of a ballastless track. D.Sc. (Eng) thesis [Usloviya primeneniya bezbalastnogo puti. Dis... d.t.n.]. Moscow, VNIIZhT publ., 2017, 386 p. [Electronic resource]: https://rgups.ru/site/assets/files/92460/dissertatsiya_savin_na_sait_07.09.2017.pdf. Last accessed 20.09.2022.
11. Kravchenko, N. D. New designs of a railway track for metro. D.Sc. (Eng) thesis [Novie konstruktssii zheleznodorozhnogo puti dlya metropolitena. Dis... d.t.n.]. Moscow, VNIIZhT publ., 1998, 403 p. [Electronic resource]: <https://www.dissercat.com/content/novye-konstruktsii-zheleznodorozhnogo-puti-dlya-metropolitenov> [paid access].
12. Patent 2765269. Russian Federation. Registered in the State Register of Inventions of the Russian Federation on January 27, 2022. [Electronic resource]: <https://patenton.ru/patent/RU2765269C1>. Last accessed 16.08.2022.
13. Tsyypin, P. E., Razuvaev, A. D. Advantages of Ballastless Track Design for Large Transport Objects. *World of Transport and Transportation*, 2017, Vol. 15, Iss. 3 (70), pp. 132–138. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-3-12>.
14. Kravchenko, N. D., Bashlykov, A. V., Kurilo, Yu. A. Low-maintenance railway track of ground sections with reinforced concrete base for industrial transport [Maloobsluzhivaemyi zheleznodorozhniy put nazemnykh uchastkov s zhelezobetonnyim osnovaniem dlya promyshlennogo transporta]. *Promyshlenniy transport XXI vek*, 2013, Iss. 1, pp. 45–48.
15. Chelunchakevich, V. Accelerated TINES Technologies for Tram Tracks. *World of Transport and Transportation*, 2017, Vol. 15, Iss. 2 (69), pp. 48–59. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2017-15-2-5>.
16. Baker, D. M., Lee, B. How Does Light Rail Transit (LRT) Impact Gentrification? Evidence from Fourteen US Urbanized Areas. *Journal of Planning Education and Research*, 2019, Vol. 39 (1), pp. 35–49. DOI: <https://doi.org/10.1177/0739456X17713619>.
17. Koike, H. Mobility perspective for a local city in Japan. *IATSS Research*, 2014, Vol. 38, 8 p. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.iatssr.2014.05.006>.
18. Tjahjono, T., Kusuma, A., Septiawan, A. The Greater Jakarta Area Commuters Travelling Pattern. *Transportation Research Procedia*, 2020, Vol. 47, pp. 585–592. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.135>.
19. Seuk Yen Phoong, Seuk Wai Phoong, Sedigheh Moghavvemi, Kok Hau Phoong. User Perception on Urban Light Rail Transit. *Civil Engineering and Architecture*, 2019, Vol. 7, No. 6A, pp. 43–49. DOI: [10.13189/cea.2019.071405](https://doi.org/10.13189/cea.2019.071405).
20. Losa, M., Pratelli, A., Riccardi, C. The integration of buses with a high level of service in the medium cities urban context. *WIT Transactions on The Built Environment*, 2014, Vol. 138. DOI: [10.2495/UT140141](https://doi.org/10.2495/UT140141).

Information about the authors:

Zheludkevitch, Aleksey M., General Director of CJSC KPM Service, Kaluga, Russia, kpt96@mail.ru.

Zayarny, Sergey L., Ph.D. (Eng), Kaluga branch of Bauman Moscow State Technical University, Technical Director of CJSC KPM Service, Kaluga, Russia, texnakon@yandex.ru.

Article received 08.09.2022, approved 28.10.2022, accepted 11.11.2022.

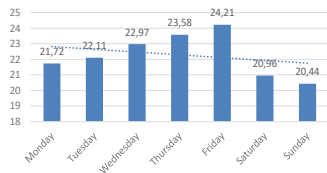


TIH 144

Interaction of ground and rail passenger transport within transport interchange hub. Timetable of electric trains and comfortable transfer for passengers.

SELF-DRIVING CARS 149

Laws and legal regulations: legalisation of new notions.



ROAD HAULAGE 154

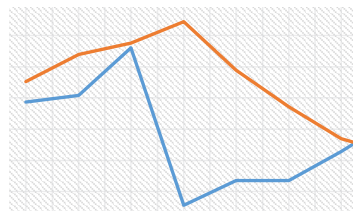
How to correctly price the transportation when there is no return load? Analysis and suggestions regarding EU experience.

MANAGEMENT, CONTROL AND ECONOMICS



HOW TO ACCELERATE RAIL TRAFFIC 164

Virtual coupling: problems, solutions, parameters to be controlled, involvement of employees.



CIVIL AVIATION 171

Pricing and travel documents: is it possible to identify the prevailing trend?

ORIGINAL ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-3>World of Transport and Transportation, 2022,
Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 144–148

Optimal Mode of Interaction between Rail and Ground Urban Passenger Transport within the TIH



Sergey P. VAKULENKO



Nadezhda Yu. EVREENOVA



Kirill A. KALININ

Sergey P. Vakulenko¹, Nadezhda Yu. Evreenova², Kirill A. Kalinin³

^{1, 2, 3} Russian University of Transport, Moscow, Russia.

✉ ² nevreenova@mail.ru.

ABSTRACT

The development of the infrastructure of transport interchange hubs is currently necessary to meet the growing demand for passenger services and to prevent infrastructural constraints on technological modernisation of entire transport system. Large-scale infrastructure projects are of a pronounced complex nature, involving many related industries in their sphere, which ultimately leads to an additional increase in GDP. A modern transport interchange hub is a public and business centre that ensures the quality of services, safety, technological reliability and creates an active business environment based on development of passenger infrastructure. Considering the latest global trends in the field of passenger transportation that englobe multimodality, speed, comfort and safety of passenger transportation, there is a pronounced need to develop modern transport interchange hubs.

Minimisation of passenger transfer time between interacting modes of transport at TIH can be achieved by coordinating contact

timetables of different modes of transport. To do this, it is necessary first, to solve the problem of determining the optimal mode of interaction between ground urban passenger and rail transport.

The objective of the study described in the article is to determine the mode of supply of the units of ground urban passenger transport, which ensures the minimum time for a passenger to stay at TIH in accordance with the timetable of electric trains regarding the considered TIH. To reduce the dimension of the problem, it is assumed that all electric trains will have the same composition.

The methods of scheduling theory were used to solve the problem in the context of the study that resulted in a formalised problem of determining the optimal mode of interaction between ground urban passenger transport in transport interchange hubs illustrated by the example of interaction of rail and urban road transport and considering all existing constraints.

Keywords: interaction of modes of transport, scheduling theory, ground urban passenger transport, transport interchange hub, rail transport.

For citation: Vakulenko, S. P., Evreenova, N. Yu., Kalinin, K. A. Optimal Mode of Interaction between Rail and Ground Urban Passenger Transport within the TIH. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 144–148. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-3>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.

Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The infrastructure of the transport interchange hub (TIH) is an important part of national passenger system [1]. TIH as the most important element of the transport infrastructure, providing passenger transportation, is of great socio-economic importance [2–4]. Modern TIH can and should be considered as a point of growth of social and business activity of the population. The international practices of TIH have contributed to cumulate a wealth of experience in creating multifunctional public and business facilities [5–7]. We see examples of such TIHs in Europe, Asian countries, and the USA.

A significant aspect of improving the quality of passenger service in TIH is minimisation of the passenger transfer time between interacting modes of transport [8], which can be achieved by coordinating contact timetables for different modes of transport. First, it is necessary to solve the problem of determining the optimal mode of interaction between ground urban passenger transport (GUPT) and rail transport [9; 10] using the methods of scheduling theory [11–13].

STATEMENT OF RESEARCH OBJECTIVE

Let us formulate the problem of determining the optimal mode of interaction between modes of transport in TIH using the example of interaction of rail transport and GUPT (buses, trolleybuses, trams, fixed-route taxis (jitneys), taxis, personal vehicles).

Electric trains arrive at TIH with passengers changing to GUPT with further destination at $n \in [1...N]$ points, while the location of the considered TIH is denoted by $n_0 = 0$. Passengers arrive at TIH from each of these points to transfer to the electric train. The capacity and parameters of the considered TIH, the number of urban transport routes interacting in the TIH, the composition of electric trains for various purposes are known.

The *objective* of the study is to determine the mode of supply of vehicles of urban passenger transport, which ensures the minimum time for a passenger to stay at TIH during the planning period $t \in [1...T]$, divided by $g_{\max}$ equal intervals, in accordance with the established mode of traffic (timetable) of electric trains for the considered TIH.

RESULTS

Mathematical Formulation of the Problem

To formalise the problem, we describe the operation of each mode of transport and of the TIH in the form of a system of constraints.

The Operation of Rail Transport

Let there be a characteristic of the selected time periods $pt_1, pt_2, \dots, pt_g, \dots, pt_{g_{\max}}, pt \in N$, where the length of the characterised period depends on the discretisation value of the problem, each of which is a reduced estimate of T/g , min, of the considered period of TIH operation. Each pt_g is characterised by the moment of the beginning of the interval t_i^g and by the moment of its end t_{i+1}^g .

To reduce the dimension of the problem, we assume that all electric trains will have the same composition [14–16], then the maximum number of passengers that can arrive by an electric train will be denoted by g , the time of boarding and disembarking from the electric train will be τ . As an additional constraint, we accept that boarding an electric train of one and the same destination can only begin after passengers have disembarked from it [17–19].

We formulate these constraints as follows:
 $0 \leq t_i^g < t_{i+1}^g \leq T$, $(t_{i+1}^g - t_i^g) \geq 2\tau$.

GUPT Operation

Let us use the following designations: τ_n – the travel time of a vehicle of urban passenger transport towards point n , min; as $s \in [1...S]$ – the total number of the units of rolling stock of urban passenger transport going to point n during the period T under consideration; $\tau_{s_{\text{board}}}$ – time of boarding/disembarking for GUPT at point n ; $Q(t_i^g) = \{q_n(t_i^g)\}$ $n \in \overline{1, N}$ – the vector of presence of passengers to be delivered to TIH; $q_n(t_i^g) = 1$, if there are passengers at point n who can be delivered to TIH at time t_i^g and $q_n(t_i^g) = 0$ otherwise; M_n^s – the maximum number of GUPT vehicles' (s) journeys from TIH to point n ; P – TIH's transit capacity to process GUPT vehicles. Urban transport vehicles going to point n have different capacity h_n^s .

Let's create a system of constraints that describes the transport process using Boolean variables:

$$\overline{U_{0n}^{sm_s}}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g, \text{ an urban transport vehicle } s \text{ during } m_s^s \text{ journey} \\ & \text{moves with passengers from TIH to the point } n; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (1)$$



$$U_{0n}^{sm_s^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g \text{ an urban transport vehicle } s \text{ during } m_n^s \text{ journey} \\ & \text{moves without passengers from TIH to the point } n; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (2)$$

$$\overline{U}_{n0}^{sm_s^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g \text{ an urban transport vehicle } s \text{ during } m_0^s \text{ journey} \\ & \text{moves with passengers to TIH from the point } n; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (3)$$

$$U_{n0}^{sm_s^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g \text{ an urban transport vehicle } s \text{ during } m_0^s \text{ journey} \\ & \text{moves without passengers to TIH from the point } n; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (4)$$

$$V_{0n}^{sm_s^s}(t_i^g) = \overline{U}_{0n}^{sm_s^s}(t_i^g) + U_{0n}^{sm_s^s}(t_i^g); \quad (5)$$

$$V_{n0}^{sm_s^s}(t_i^g) = \overline{U}_{n0}^{sm_s^s}(t_i^g) + U_{n0}^{sm_s^s}(t_i^g); \quad (6)$$

$$\overline{Z}_n^{sm_s^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g \text{ an urban transport vehicle } s \text{ after } m_n^s \text{ journey} \\ & \text{is under embarkation at the point } n; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (7)$$

$$Z_n^{sm_s^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g \text{ an urban transport vehicle } s \text{ after } m_n^s \text{ journey} \\ & \text{is under disembarkation at the point } n; \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (8)$$

$$\overline{Z}_0^{sm_s^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g \text{ an urban transport vehicle } s \text{ after } m_n^s \text{ journey} \\ & \text{is under disembarkation at TIH;} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (9)$$

$$Z_0^{sm_s^s}(t_i^g) = \begin{cases} 1, & \text{if at the moment } t_i^g \text{ an urban transport vehicle } s \text{ after } m_n^s \text{ journey} \\ & \text{is under disembarkation at TIH;} \\ 0 & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (10)$$

$$W_n^{sm_s^s}(t_i^g) = \overline{Z}_n^{sm_s^s}(t_i^g) + Z_n^{sm_s^s}(t_i^g); \quad (11)$$

$$W_0^{sm_s^s}(t_i^g) = \overline{Z}_0^{sm_s^s}(t_i^g) + Z_0^{sm_s^s}(t_i^g). \quad (12)$$

At any moment t_i^g during the interval pt^g under consideration, any vehicle s can only be in one of the following eight states: in motion from TIH to point n making a journey m_n^s with or without passengers; in motion from point n to TIH making a journey m_0^s with and without passengers; at TIH after journey m_0^s under embarkation and under disembarkation; at point n after journey m_n^s under embarkation and under disembarkation.

For each type of GUPT, at any two consecutive times $t_i^g, t_{i+1}^g \in \overline{1, T}$, only one of eight situations occurs when moving along the connected route at the time:

- t_i^g and t_{i+1}^g : a vehicle moves to the point n from TIH.

- t_i^g and t_{i+1}^g : a vehicle moves from the point n to TIH.

- t_i^g : a GUPT vehicle moves to the point n from TIH and at the moment t_{i+1}^g it is at the point n .

- t_i^g : a GUPT vehicle moves to TIH from the point n and at the moment t_{i+1}^g it is at TIH.

- t_i^g and t_{i+1}^g : a GUPT vehicle is at the point n .

- t_i^g and t_{i+1}^g : a vehicle is at TIH.

- t_i^g : a GUPT vehicle is at the point n and at the moment t_{i+1}^g it moves to TIH.

- t_i^g : a GUPT vehicle is at TIH and at the moment t_{i+1}^g it moves to the point n .

For a GUPT vehicle s to be in only one of eight listed situations at every two successive moments t_i^g and t_{i+1}^g , the following constraints are necessary and sufficient:

$$\sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} V_{0n}^{sm_s^s}(t_i^g) + \sum_{m_0^s=1}^{M_0^s} V_{n0}^{sm_s^s}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (13)$$

while $\forall s \in \overline{1, S}, \forall n \in \overline{1, N}, \forall t_i^g, t_{i+1}^g \in \overline{0, T}$,

where k is a variable characterising the difference in the serial number of the point n and all other points under consideration in the array ($k \neq n$; $k \in [1 - N; N - 1]$; $0 < n + k < N$; $k \in Z$).

These constraints prohibit the situation in which a vehicle s moves from TIH to two different points at two consecutive times.

Constraint

$$\sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{n0}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{(n+k)0}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (14)$$

prohibits the situation in which a GUPT vehicle s moves to TIH from two different points at two consecutive times.

Constraint

$$\sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} W_n^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{\substack{k=1-N \\ k \neq n}}^{N-1} \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} W_{n+k}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (15)$$

prohibits the situation in which a vehicle s at two consecutive times is at different points.

Constraints

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} V_{n0}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{k=1-N}^{N-1} \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} W_{n+k}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (16)$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} V_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{k=1-N}^{N-1} \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} W_{n+k}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (17)$$

prohibit the situation in which a GUPT vehicle s at the moment t_i^g moves from the point n to TIH, and at the next moment t_{i+1}^g is at the point $n+k$ and when at the moment t_i^g moves from TIH to the point n , and at the moment t_{i+1}^g is at the point $n+k$.

Constraints

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} U_{n0}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) \leq 1; \quad (18)$$

$$\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} U_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) \leq 1, \quad (19)$$

prohibit the situation in which a GUPT vehicle s moves at the moment t_i^g to the point n (to TIH) with passengers, and at the moment t_{i+1}^g is under embarkation at the point n (in TIH).

Constraints

$$\sum_{j=1}^N [V_{n0}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{n0}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g)] \leq 1; \quad (20)$$

$$\sum_{n=1}^N [V_{0n}^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} V_{0n}^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g)] \leq 1, \quad (21)$$

prohibit the situation in which a GUPT vehicle s at two consecutive moments makes different journeys from TIH to any of the points.

Constraint

$$\sum_{n=1}^N [W_n^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_{n+k}^s=1}^{M_{n+k}^s} W_n^{sm_{n+k}^s}(t_{i+1}^g)] \leq 1, \quad (22)$$

prohibits the situation, in which an urban passenger transport vehicle s at two consecutive moments is (after different journeys) at any point.

At each moment $t_i^g \in \overline{0, T}$ the number of GUPT vehicles, being at TIH, should not exceed its capacity to process GUPT vehicles:

$$\sum_{s=1}^S \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} W_0^{sm_n^s}(t_i^g) \leq P. \quad (23)$$

The condition for transporting passengers prohibits the situation when a GUPT vehicle leaves the point n with passengers at the moment t_{i+1}^g , and at the previous moment at the point n there were no passengers to be taken to TIH.

This condition is written as:

$$\sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} Z_n^{sm_n^s}(t_i^g) + \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} U_{n0}^{sm_n^s}(t_{i+1}^g) \leq 1, \quad (24)$$

$$\forall t_i^g, n, q_n(t_i^g) = 0.$$

Initial and final conditions are set by fixing all variables:

$$V_{0n}^{sm_n^s}(0), V_{0n}^{sm_n^s}(T), U_{0j}^{Sp_{ij}}(0), U_{0j}^{Sp_{ij}}(T);$$

$$W_n^{sm_n^s}(0), W_n^{sm_n^s}(T), W_0^{sm_n^s}(0), W_0^{sm_n^s}(T).$$

TIH Operation

Let us introduce the following designations: $\Omega(t_i^g)$ – the number of passengers being at TIH at the moment t_i^g ; Ω_0 – the number of passengers being at TIH by the moment $t = 0$; g – the maximum number of passengers who can arrive with an electric train; h_s – the maximum number of passengers who can be transported by urban transport s ; $\Omega_{\max}$ – the maximum number of passengers who can be simultaneously at TIH.

The following ratios are to be met:

$$\Omega(t_i^g) \leq \Omega_{\max} \quad \forall t_i^g \in [0, T], \quad (25)$$

$$\Omega(t_i^g) \leq \Omega_{\max} - g \quad \forall t_i^g \in$$

$$[pt_1, pt_2, \dots, pt_{\theta} \dots, pt_{\theta_{\max}}], \quad (26)$$

$$\begin{aligned} \Omega(t_{i+1}^g) = & \Omega(t_i^g) + \left(\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} \sum_{s=1}^S Z_0^{sm_n^s}(t_i^g) * h^s \right) - \\ & - \left(\sum_{n=1}^N \sum_{m_n^s=1}^{M_n^s} \sum_{s=1}^S Z_0^{sm_n^s}(t_i^g) * \gamma^s h^s \right) + g \gamma_{t_i^g}^g, \end{aligned} \quad (27)$$

where γ^s is the factor of occupancy of an urban vehicle, $\gamma^s \in [0; 1]$;

$\gamma_{t_i^g}^g$ – the factor of occupancy of a suburban electric train arriving or departing at the moment



$t^a, \gamma_g^a \in [-1; 1]$, if at the moment t^a , the train does not depart $\gamma_g^a = 0$.

Thus, the considered problem can be mathematically formulated as finding the minimum $f = \sum_{i=0}^T \Omega(t_i^a) f \rightarrow \min$ subject to respect of all the above constraints.

REFERENCES

1. Kozlov, P. A., Vakulenko, S. P., Kolokolnikov, V. S. The problem of the single transport system organisation. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, 2017, Iss. 3 (67). – C. 96–101. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30102272>. Last accessed 15.11.2022.
2. Tuominen, A., Reihnen, A., Peltomaa, J., Mäkinen, K. Facilitating practices for sustainable car sharing policies – An integrated approach utilizing user data, urban form variables and mobility patterns. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2019, Vol. 2, art. no. 100055. DOI: 10.1016/j.trip.2019.100055.
3. Gonzalez-Urango, H., Pira, M. L., Inturri, G., Ignaccolo, M., García-Melón, M. Designing walkable streets in congested touristic cities: The case of Cartagena de Indias, Colombia. *Transportation Research Procedia*, 2020, Vol. 45, pp. 309–316. DOI: 10.1016/j.trpro.2020.03.021.
4. Cramer, V., Torgersen, S., Kringlen, E. Quality of life in a city: The effect of population density. *Social Indicators Research*, 2004, Vol. 69 (1), pp. 103–116. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:SOCI.0000032663.59079.0b> [paid access for subscribers].
5. Pacione, M. Urban environmental quality and human wellbeing – A social geographical perspective. *Landscape and Urban Planning*, 2003, Vol. 65 (1–2), pp. 19–30. DOI: 10.1016/S0169-2046(02)00234-7 [limited access for subscribers].
6. Liya Yao, Lishan Sun, Zhiyong Zhang, Shuwei Wang, Jian Rong. Research on the Behavior Characteristics of Pedestrian Crowd Weaving Flow in Transport Terminal. *Mathematical Problems in Engineering*, 2012, art. no. 264295. DOI: 10.1155/2012/264295.
7. Li, Shaowei; Chen, Yongsheng. Passenger Flow Forecast Algorithm for Urban Rail Transit. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, February 2014, Vol. 12, No. 2, pp. 1471–1479. DOI: <http://dx.doi.org/10.11591/telkomnika.v12i2.3810>.
8. Kozlov, P. A., Kolokolnikov, V. S., Kopylova, E. V. About simulation modelling and simulation systems [Ob imitatsionnom modelirovanii i imitatsionnykh sistemakh]. *Transport Urala*, 2019, Iss. 1 (60), pp. 3–6. DOI: 10.20291/1815-9400-2019-1-3-6.
9. Evreenova, N. Yu., Kalinin, K. A. Passenger traffic management of the largest TPUS. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, 2021, Iss. 3 (83), pp. 105–113. DOI: 10.46973/0201-727X_2021_3_105.
10. Vlasov, D. N. Integration of railway transport into the intermodal transport system of the city. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 2021, Iss. 9, pp. 31–38. DOI: 10.33622/0869-7019.2021.09.31-38.
11. Rezer, S. M. Interaction of transport systems [Vzaimodeistvie transportnykh sistem]. Moscow, Nauka publ., 1985, 248 p. [Electronic resource]: https://www.studmed.ru/rezer-s-m-vzaimodeystvie-transportnyhsistem_6f97cd56303.html. Last accessed 15.11.2022.
12. Lazarev, A. A., Musatova, E. G., Gafarov, E. R., Kvaratskhelia, A. G. Scheduling theory. Tasks of Railway Planning: Monograph [Teoriya raspisanii. Zadachi zheleznodorozhnogo planirovaniya: Monografiya]. Moscow, IPU RAS, 2012, 92 p. ISBN 978-5-91450-102-7.
13. Pazoisky, Yu. O., Shubko, V. G., Vakulenko, S. P. Passenger transportation in railway transport (examples, tasks, models, methods and solutions) [Passazhirskie perevozki na zheleznodorozhnom transporte (primery, zadachi, modeli, metody i resheniya)]. Moscow, TMC RT publ., 2009, 342 p. ISBN 978-5-89035-566-9.
14. Timukhina, E. N., Kashcheeva, N. V., Okulov, N. E., Lesnykh, V. V. Problems of functioning of transport hubs in Russia and abroad [Problematika funktsionirovaniya transportnykh uzlov v Rossii i za rubezhom]. *Vestnik transporta Povolzh'ya*, 2022, Iss. 3 (93), pp. 65–72. [Electronic resource]: <https://www.samgups.ru/upload/iblock/4bb/r9kdz1wdm83u5nrqdn0v2v2sftxd6bax.pdf>. Last accessed 15.11.2022.
15. Rakhmangulov, A. N., Mishkurov, P. N., Aleksandrin, D. V. Simulation models in digital twins of railway stations [Imitatsionnye modeli v tsifrovyykh dvoynikakh zheleznodorozhnykh stantsii]. In: *Academician Vladimir Nikolaevich Obratsov is the founder of transport science. Proceedings of international scientific-practical conference, devoted to the 125th anniversary of the university*. Moscow, 2021, pp. 574–582. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48361972>. Last accessed 15.11.2022.
16. Baranov, L. A., Sidorenko, V. G., Safronov, A. I. Trains traffic control automated scheduling specifics inside the urban rapid-transit smart control systems in intensive traffic conditions. In: *Intelligent transport systems. Proceedings of scientific-practical conference*. Moscow, RUT (MIIT), 2022, pp. 59–70. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48449551>. Last accessed 15.11.2022.
17. Baranov, L. A., Safronov, A. I., Sidorenko, V. G. Train planning in intelligent transport systems [Planirovaniye dvizheniya poezdov v intellektualnykh transportnykh sistemakh]. *Nadezhnost*, 2022, Vol. 22, Iss. 3, pp. 35–43. DOI: 10.21683/1729-2646-2022-22-3-35-43.
18. Vakulenko, S., Evreenova, N. Transport hubs as the basic of multimodal passenger transportation. *Proceedings of 2019 12th International Conference «Management of Large-Scale System Development»*, MLSD 2019. 8910964. DOI: 10.1109/MLSD.2019.8910964.
19. Danilina, N., Vlasov, D., Teplova, I. Social-oriented approach to street public spaces design. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, Vol. 1030 (1), art. 012059. DOI: 10.1088/1757-899X/1030/1/012059.

Information about the authors:

Vakulenko, Sergey P., Ph.D. (Eng), Professor, Director of the Institute of Management and Digital Technologies of Russian University of Transport, Moscow, Russia, vakulenkosp@mail.ru.

Evreenova, Nadezhda Yu., Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Management of Transport Business and Intelligent Systems of the Institute of Management and Digital Technologies of Russian University of Transport, Moscow, Russia, nevreenova@mail.ru.

Kalinin, Kirill A., Ph.D. (Eng), Senior Lecturer at the Department of Management of Transport Business and Intelligent Systems of the Institute of Management and Digital Technologies of Russian University of Transport, Moscow, Russia, kalinin.k.a@mail.ru.

Article received 10.10.2022, approved 16.11.2022, accepted 18.11.2022.



Problematic Issues of Legalisation of Concepts Used for the Purpose of Legal Regulation of Transport Relationships Involving Self-Driving Cars



Alexander I. Zemlin

Russian University of Transport, Moscow, Russia.

✉ zemlin.aldr@yandex.ru.

Alexander I. ZEMLIN

ABSTRACT

The needs for innovative development of the transport system, which is not only the most important, but also an indispensable condition for implementation of the Transport Strategy of the Russian Federation until 2030 with a forecast until 2035, determine the necessity for a important change in fundamental approaches to building a system of legal support for organisation of road traffic, historically based on the postulate of obligation the driver to ensure constant control over the traffic situation for the entire period of the vehicle's movement. In this situation, the problem of legal regulation of admission to operation and subsequent operation of vehicles equipped with an automated driving system that does not provide for participation of the driver in the dynamic control of the car acquires special theoretical and practical significance.

The objective of the study, some of the results of which are suggested in the article, was a critical comprehension of the problems of legislative environment referring to the use of cars with

an automated driving system, those problems being associated with ambiguities and gaps in the legislation in terms of codifying the basic terms and definitions.

The tools of formal dogmatic analysis were used to investigate the problematic issues of legalising the concept of «automated driving system», which is the most important, basic category in the system of legal regulation of the relations under study.

On this basis, the application of methods of systemic legal analysis contributed to identification of possible options for eliminating the identified gaps and contradictions in legislation, to formulate author's definitions and to suggest guidelines for building an ordered system of legal terms to be entrenched in legal acts regulating the use of highly automated vehicles.

The implementation of the proposals formulated by the author can contribute to the improvement of the system of legal regulation of relations related to the use of highly automated vehicles.

Keywords: transport, legal environment, legal regulation, driverless vehicle, highly automated vehicle, automated driving system.

Financial support: the study was financially supported by the Russian Science Foundation within the framework of the scientific project No. 22-28-20334 «Legal means of ensuring the safety of the use of driverless vehicles in a metropolis», <https://rscf.ru/project/22-28-20334/>.

For citation: 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. 149–153. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-4>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The wide-spreading adoption of highly automated vehicles based on the use of an automated driving system that minimises the participation of the driver in the dynamic control of the vehicle, and that, in relation to driverless vehicles, complete excludes the driver from this process, which assumes changing his legal status from the category of the «driver» to the «passenger», suggests the need to change the paradigm of the legal regulation of road traffic.

If the current system of legal regulation of relations related to organisation and provision of road safety is focused on operation of low-automated vehicles, which implies the obligation of the driver to control the traffic situation and drive the car for the entire period of the vehicle's movement, then the use of highly automated vehicles requires not only cardinal changes in approaches to defining the system of road users, clarifying their legal status, but also the development of a new categorical series of concepts used for the purpose of legal regulation of transport relations involving cars with an automated driving system.

The results of the study have highlighted the inconsistency with the requirements of formal logic and legal technique of the definitions and concepts contained in the current legal acts and draft laws and used for the legal regulation of transport relations involving cars with an automated driving system, that does not allow for solving the problems of effective legal regulation of the implementation of innovative technologies in transport system of Russia.

RESULTS

The Role of Legal Regulation in Implementation of New Technologies for Innovative Transport Developments

It is legitimately noted that revolutionary technological changes inevitably require legitimisation by bringing the legal framework in line with the new realities of socio-economic development. As nowhere else, this dependence is especially clearly pronounced in the field of transport [1, p. 45; 2].

According to the results of historical and legal analysis, representatives of the scientific school in the field of transport law note a pronounced relationship between the emergence of new modes of transport (rail, road, air transport, etc.) and the intensification of rulemaking to legally regulate relations arising in connection with the introduction of new technologies [3, p. 405; 4, p. 263; 5, p. 67].

Besides, along with the need to manage new technological processes regulated by updated or

specially developed legal norms, there emerges a need to revise and update the content of legal disciplines taught to a future transport specialist, the study of which will help shaping his professional legal culture that meets the new requirements [6, pp. 249–250; 7, p. 4963; 8, p. 4075].

International experts actively demonstrate their interest in scientific development of these issues, and the understanding that the lack of legal regulation is a significant deterrent to the development of innovative transport [9, p. 618]¹.

The dynamics of developments within the system of legal regulation in the field of introduction of highly automated vehicles is evidenced by the results of a comparative legal analysis carried out by representatives of the scientific school in the field of transport law. If just two years ago, the legislation of the PRC basically ruled out any possibility of testing autonomous vehicles on expressways, then by the beginning of 2021, 2,000 km of public roads were opened for testing intelligent connected vehicles, more than 400 licenses were issued to companies for self-driving tests. At the same time, the total mileage of vehicles during road tests exceeded² million km².

It is noted that the impetus for accelerating the formation of a system of legal regulation in the field of the use of highly automated vehicles was given by the spread of the COVID-19 coronavirus infection pandemic, since, as the experience of the PRC has shown, the use of driverless cars makes it possible to ensure the delivery of medicines and other necessary goods to areas with a high risk of infection, minimising the risk of «cross-contamination»³ [10, pp. 18–19; 11].

The beginning of 2022 witnessed further intensification of the trend towards acceleration of law-making to faster move from the stage of experimental regulation to a fundamentally new stage of limited introduction of universal regulation in the field of highly automated vehicles.

So, on March 11, 2022, the US National Highway Traffic Safety Administration removed

¹ Siddiqui, F. Waymo to launch fully driverless service to the public – a first just in time for the pandemic. The Washington Post, 8 October 2020. [Electronic resource]: <https://www.washingtonpost.com/technology/2020/10/08/waymo-driverless-rides/>. Last accessed 23.09.2022.

² China to let self-driving cars be tested on highways. [Electronic resource]: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/12/WS5fd3657a31024ad0baa209c.html>. Last accessed 24.09.2022.

³ Zemlin, A. I., Zemlina, O. M., Klyonov, M. V. [et al]. Organisational and legal foundations for functioning of the transport system in a difficult epidemiological situation: Textbook. Ed. by A. I. Zemlin, I. V. Kholikov. Moscow, Rusayns publ., 2020, 310 p. ISBN 978-5-4365-6523-1.

the main obstacle to introduction of fully autonomous vehicles by amending the Federal Motor Vehicle Safety Standards in terms of eliminating the requirement for the mandatory presence of a steering wheel in a vehicle design⁴.

On July 6, 2022, Regulation (EU) of the European Parliament and of the Council 2019/2144 on vehicle safety requirements⁵ came into force in the EU, establishing basic safety requirements for highly automated and fully automated vehicles (Article 11).

Starting August 1, 2022, the Shenzhen Special Economic Zone (China) Regulation on Smart and Connected Vehicles came into force, which introduces permanent regulation for highly automated vehicles with a behind-the-wheel driver, and also allows the use of fully automated vehicles in specially designated zones⁶.

The Russian system of legal regulation of relations involving highly automated vehicles is currently still at an experimental stage. The regulatory act governing the testing of highly automated vehicles is the Decree of the Government of the Russian Federation of 09.03.2022 No. 309 «On the establishment of an experimental legal regime in the field of digital innovations and the approval of the Program for the experimental legal regime in the field of digital innovations for the operation of highly automated vehicles».

Further lag in this area may become irreparable, which requires taking prompt measures to solve the problem of legal regulation of the use of highly automated vehicles.

State and Problems of the Process of Legitimation of Concepts used to Ensure Operation of Highly Automated Vehicles

The regulation on conducting an experiment on trial operation of highly automated vehicles on public roads defines the territories and terms of the

experiment⁷ (hereinafter for brevity is called Regulation). The essential feature of this kind of vehicle is quite logically associated with the presence of an «automated driving system», which, in turn, is defined as «software and hardware that controls the vehicle without physical impact from the driver». There is no definition of software and hardware in the text of the Regulation.

In the process of legislative activities, the authors of legal initiatives are also making attempts to identify highly automated vehicles.

Thus, the draft Federal Law «On highly automated vehicles and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation»⁸, developed in pursuance of paragraph 1 of the Set of measures for testing and phased commissioning of highly automated vehicles on public roads without the presence of a test engineer in the cabin of the vehicle, providing for their trial commercial operation in certain constituent entities of the Russian Federation, dated March 12, 2021, No. 2189-P50 and aimed at regulating relations arising in connection with the manufacture and operation of highly automated vehicles⁹, offers the following definition of a highly automated vehicle: this is «a vehicle equipped with an automated driving system and allowed to participate in road traffic on the territory of the Russian Federation».

With the fact that the presence of an automated driving system is an essential and, in fact, the only feature of a highly automated vehicle that makes it possible to distinguish it from other vehicles, in principle, and with some assumptions, one can agree with that definition.

However, from the point of view of formal logic, the definition of an automated driving system proposed in the bill as a technical tool that provides

⁴ The US will finally allow fully autonomous vehicles that do not require human control. [Electronic resource]: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/268434013>. Last accessed 23.09.2022.

⁵ Regulation (EU) 2019/2144 of The European Parliament and of the Council of 27 November 2019 on type-approval requirements for motor vehicles and their trailers, and systems, components and separate technical units intended for such vehicles, as regards their general safety and the protection of vehicle occupants and vulnerable road users. [Electronic resource]: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32019R2144>. Last accessed 24.09.2022.

⁶ Shenzhen Special Economic Zone Provisions on Smart and Connected Vehicle Driving (2022). [Electronic resource]: <https://www.globaltimes.cn/page/202207/1269924.shtml>. Last accessed 23.09.2022.

⁷ Decree of the Government of the Russian Federation of November 26, 2018, No. 1415 «On conducting an experiment on trial operation of highly automated vehicles on public roads» (as amended and supplemented). [Electronic resource]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201811270008>. Last accessed 23.09.2022.

⁸ Prepared by the Ministry of Transport of Russia on June 10, 2021. Project ID 02/04/06-21/00116763 (not submitted to State Duma as of 10.06.2021). [Electronic resource]: <https://www.doclist.ru/news/politics/2706967.html>. Last accessed 23.09.2022.

⁹ At the moment when the article was prepared, the draft law was undergoing a regulatory impact assessment procedure in accordance with Decree of the Government of the Russian Federation dated December 17, 2012, No. 1318 «On the procedure for the federal executive authorities to assess the regulatory impact of draft regulatory legal acts, draft amendments to draft federal laws and draft decisions of the Council of the Eurasian Economic Commission, as well as on amendments to certain acts of the Government of the Russian Federation». [Electronic resource]: <https://base.garant.ru/70285758/>. Last accessed 23.09.2022.



dynamic control of a vehicle seems more than doubtful.

In addition, the stated version contradicts the definitions legalised both in the legal documents in force at the time of development and in the current legal documents.

Let us substantiate this thesis in more detail.

It should be assumed that, according to the definition contained in GOST 30372-95 «Electromagnetic compatibility of technical means. Terms and definitions»¹⁰, technical means is «a product, equipment, apparatus or their components, the functioning of which is based on the laws of electrical engineering, radio engineering and (or) electronics, containing electronic components and (or) circuits that perform one or more of the following functions: amplification, generation, transformation, switching and storage [recording]».

Further, Interstate standard GOST 34.003-90 «Information technology. Set of standards for automated systems. Automated Systems»¹¹ (hereinafter referred to as the Interstate Standard), which was in force at the time of preparation and submission for consideration of the draft law, established that an automated system is understood as a system consisting of personnel and a set of means for automating its activities, implementing information technology for performing established functions. Also, the Interstate Standard establishes that the automated system is formed by the following structural elements: the user of the automated system; operating personnel; organisational support of the automated system; methodological support; technical support; linguistic support; legal support, etc.

It was also established there that the totality of all technical means used in the operation of an automated system constitutes technical support.

Thus, a technical tool is only one of the elements of technical support, which, in turn, is just one of the types of support for an automated system.

Accordingly, the content of the concept of «automated system» is much broader and includes technical means as one of the elements.

As a result, we can conclude that when defining an automated driving system, the authors of the draft did not take into account and include in the definition such important components of an automated system as: software, defined as a set of programs on data carriers and of program documents, designed for debugging, operating and system performance checks; information support, defined in the Interstate Standard as a set of forms of documents, classifiers, regulatory framework and implemented decisions on the volume, placement and forms of existence of information used in an automated system during its operation; organisational support of the system, as a set of documents that establish the organisational structure, rights and obligations of users and operating personnel of the automated system under the conditions of operating, testing and ensuring the operability of the system.

From January 1, 2022, GOST 34.003-90 «Terms and Definitions» has been replaced by the National Standard of the Russian Federation, GOST R 59853-2021 «Information Technologies. Set of standards for automated systems. Automated systems. Terms and Definitions»¹² (hereinafter referred to as the National Standard), which applies to automated systems used in various activities (research, design, management, etc.), including their combinations.

According to the National Standard, an automated system is a system consisting of a set of automation tools that implements information technology for performing established functions, and personnel that ensures its operation. At the same time, depending on the type of activity, along with others, automated control systems (ACS) are singled out. The National Standard highlights such types of automated system support as linguistic; mathematical; methodical; organisational; legal, as well as other elements that form the structure of an automated system.

The legal support of an automated system is considered according to the National Standard as «a set of legal norms regulating legal relations during the operation of an automated system and the legal status of the results of its operation».

APPROBATION OF THE RESULTS

The main results of the study described in the work were presented in the author's report at the

¹⁰ GOST [State standard] 30372-95 «Electromagnetic compatibility of technical means. Terms and definitions». [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200015869>. Last accessed 24.09.2022.

¹¹ GOST [State standard] 34.003-90 «Information technology. Set of standards for automated systems. Automated systems. Terms and definitions». Approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards of December 27, 1990 No. 3399. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200006979>. Last accessed 24.09.2022.

¹² GOST R [Russian state standard] 59853-2021 «Information technology. Set of standards for automated systems. Automated systems. Terms and definitions». Approved and put into effect by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated November 19, 2021, No. 1520-st. [Electronic resource]: <https://docs.cntd.ru/document/1200181819>. Last accessed 24.09.2022.

plenary session of the International Scientific and Practical Forum «Transport of the Future: Challenges for Law» (dedicated to the 90th anniversary of Russian Society of Inventors and Innovators), held in Ulyanovsk on September 16, 2022. The Forum was held by Ulyanovsk State University, Institute of State and Law of the Russian Academy of Sciences, Perm State National Research University, Yurist Publishing Group, Russian Society of Inventors and Innovators, Ulyanovsk Regional Branch of the Association of Lawyers of Russia, and some other educational, scientific, and non-governmental organisations. The forum was moderated by D.Sc. V. M. Kononov.

CONCLUSIONS

Consideration of the approaches implemented in the National Standard can contribute in the course of further work on the draft Federal Law «On highly automated vehicles and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» to development of a single, scientifically based approach to the definition of a highly automated vehicle that has an essential and meaningful nature.

Amendments and additions to the text of the draft Federal Law «On highly automated vehicles and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» should be based on the results of scrupulous scientific study on legal problems arising in connection with the introduction of highly automated vehicles, on the achievements of transport and legal science.

As stated in the introduction, the article highlights and partly systematises some of the problems referring to legal regulation of the operation of cars with an automated driving system. Naturally, the conclusions made by the author, offered to the interested reader, need further verification, they are not absolute, complete, and, moreover, final. However, in the author's opinion, they can become the basis for a scientific discussion. More detailed, scientifically and practically substantiated conclusions, expressing the position of the author on the problem raised in this article, could be presented in subsequent publications, based on the results of currently ongoing research.

REFERENCES

1. Bazhina, M. A. The main trends in development of legal regulation of transportation in the context of digitalisation [*Osnovnye tendentsii razvitiya pravovogo regulirovaniya osushchestvleniya perevozok v usloviyakh tsifrovizatsii*]. *Yurist*, 2021, Iss. 11, pp. 44–50. [Restricted access to electronic resource]: <https://lawinfo.ru/journals/57/yurist>.
2. Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I., Zemlina, O. Problems of Ensuring Security of Transport Infrastructure Facilities. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Vol. 666, International science and technology conference «Earth science», 8–10 December 2020, Vladivostok, Russian Federation, 042002. DOI: 10.1088/1755-1315/666/4/042002.
3. Zemlin, A. I., Kholikov, I. V. Axiological approaches to formation of the legal culture of a transport specialist in modern conditions [*Aksiologicheskie podkhody k formirovaniyu pravovoi kultury spetsialista-transportnika v sovremennykh usloviyakh*]. *Collection of scientific papers IZISP «Legal values in the light of new paradigms of development of modern civilization»*. Moscow, Infra-M publ., 2020, pp. 403–411.
4. Petrov, Yu. I., Zemlin, A. I., Zemlina, O. M. The Genesis of the System of Administration of the Transport Routes and of the Transport Law in Russia (9th to 18th centuries). *World of Transport and Transportation*, 2019, Vol. 17, Iss. 3 (82), pp. 260–277. DOI: 10.30932/1992-3252-2019-17-3-260-277.
5. Kharlamova, Y., Pishchelko, A., Zemlin, A. Problems of realisation of public oversight in the field of transport counterterrorism policy. *Kutafin University Law Review*, 2020, Vol. 7, Iss. 1, pp. 67–78. DOI: 10.17803/2313-5395.2020.1.13.067-078.
6. Zemlin, A. I., Petrov, Yu. I. Experience of Legal Regulation and Organisation of Transport Specialists Training at the Imperial Moscow Engineering School: 1896–1913. *Herald of an archivist*, 2021, Iss. 1, pp. 248–258. DOI: 10.28995/2073-0101-2021-1-248-258 [access restricted for subscribers only].
7. Bagreeva, E. G., Zemlin, A. I., Shamsunov, S. K. Does Environmental Safety Depend Upon the Legal Culture of Transport Specialists? *Ekoloji*, 2019, Vol. 28, No. 107, pp. 4961–4965.
8. Bagreeva, E. G., Shamsunov, S. K., Zemlin, A. I. Environmental Safety Conditions in the Transport Sector by Improving the Culture of Lawmaking. *Ekoloji*, 2019, Vol. 28, No. 107, pp. 4071–4076.
9. Cabral, T. S. Liability and artificial intelligence in the EU: Assessing the adequacy of the current Product Liability Directive. *Maastricht Journal of European and Comparative Law*, 2020, Vol. 27 (5), pp. 615–635. DOI: 10.1177/1023263X20948689.
10. Zemlin, A. I. Some aspects of ensuring transport safety in the context of the spread of infectious diseases (on the example of the Covid-19 coronavirus pandemic). *Voennoe pravo*, 2020, Iss. 6 (64), pp. 15–29. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44286698>. Last accessed 23.09.2022.
11. Chernogor, N., Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Impact of the spread of epidemics, pandemics and mass diseases on economic security of transport. *E3S Web of Conferences*, 2020, Vol. 203 (107), art. 05019. DOI: 10.1051/e3sconf/202020305019.

Information about the author:

Zemlin, Alexander I., D.Sc. (Law), Ph.D. (Philosophy), Professor, Honoured Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of Transport Law of Law Institute of Russian University of Transport; Scientific Leader of the Transport Safety and Security Board of the Scientific Expert Council of the Centre for Research of Security Problems of the Russian academy of sciences, Moscow, Russia, zemlin.aldr@yandex.ru.

Article received 23.09.2022, approved 12.10.2022, accepted 21.10.2022.



ORIGINAL ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-5>
JEL Classification: R48. H40



World of Transport and Transportation, 2022,
Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 154–163

Pricing in Road Freight Transport



Miloš POLIAK



Natalia Yu. LACHMETKINA

Miloš Poliak¹, Natalia Yu. Lachmetkina²

¹ University of Žilina, Žilina, Slovak Republic.

² Russian University of Transport, Moscow, Russia.

✉ ² naturla@mail.ru.

ABSTRACT

Creation of price in road freight transport in Central Europe has undergone significant changes in the last 30 years. Transporters in regulated economy used mandatory tariffs, after the liberalisation of the market they were subsequently not prepared for their own price creation. Price calculation has gone through several stages of development. At present, there are existing cost calculations that are based on the division of costs into variable and fixed ones. After the accession of Central European countries to the European Union, competition in this sector has increased significantly. When calculating the price for

transport, transporters use a coefficient of exploitation of journeys, which adjust the costs associated with the transport so that the costs also take into account the journey with the vehicle, which the transporter must carry out without the shipment.

The aim of this paper is to prove that from the point of view of the competitiveness of price creation it is not economically correct to use the coefficient of exploitation of journeys as a constant coefficient. The authors prove in the article that the value of the coefficient depends not only on the route of consignment transport but also on the time of transport realisation.

Keywords: transport, coefficient, calculation, costs, competitiveness.

For citation: Poliak, M., Lachmetkina, N. Yu. Pricing in Road Freight Transport. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 154–163. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-5>.

The Russian text of the article is published in the first part of the issue.

Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

Road transport has recently become a very actual topic in society, because all groups of the population depend on transport, whether they are natural or legal persons. The development of the economy is particularly influenced by road freight transport, which is specifically addressed in [1].

For road freight transport to work effectively in the common market of the European Union, in which the conditions for an access of transporters have been progressively harmonised [2], the same conditions for operating in the market must also be applied. However, in the field of transport, there are currently several problems with the functioning of transporters in the European Union's transport market. The author of the paper [3] has addressed the reduction of subcontracting in the common market. It should be noted that market restriction in road freight transport also works in the form of mailbox companies. This is an abuse of different wage, social and tax rules in different EU countries, which is addressed, in particular, by the authors of the paper [4]. Market operations are also influenced by specific price creating conditions. In the long run, the price of road freight transport in the European Union is growing significantly slowly comparing to growth of costs. Due to maintenance, transporters perform on the market even without profit, respectively, below the level of total costs. Such transports are redounded mainly by return transports, which are often performed by transporters at a price below the average level with an aim to avoid the risk of vehicle downtime. The distortion of the market and the competitive environment also occurs due to the fact that, according to the authors' knowledge, there is no methodology for applying changes in supply and demand in individual regions of the European Union to pricing and thus the transporter's competitiveness.

The aim of this paper is to identify the factors of pricing in road transport that affect the competitiveness of the transporter and to propose a methodology for incorporating the identified factors into price creation.

LITERATURE REVIEW

When doing business in road transport with economically correct calculations, it is necessary to take a special approach to fixed and variable costs [5]. Despite the fact that such an approach

to pricing is necessary, what the authors [6–8] state in their works, it is not quite commonly used in road freight transport pricing in Central Europe [9]. This is related to the fact that after the price liberalisation in the early 1990s, which allowed free price creation in road freight transport, transporters were not prepared to calculate costs and continued using the pre-liberalisation tariffs [10]. An increase in the price of inputs (e.g., the price of diesel) caused tariffs to stop covering costs [11]. Furthermore, price formation was influenced by corporate taxation, which is discussed in detail in [4; 12; 13]. With the right approach of the transporter to the price creation, it is necessary that he monitors his own performance costs and that it is able to calculate the price correctly through these costs. The author of paper [14] defines the own costs in transport «as the consumption of materialised and live work and financial resources for produced transport and other services for a certain period of time under typical conditions of the reproduction process in individual transport branches, respectively, transport companies. The authors of the work [15] emphasise that own costs are purposefully tied to a given performance, activity or company department.

There are a number of general methods and techniques that create a price, but not all of them are suitable for calculating your own costs in road transport. The determination of suitable calculations in road transport is dealt with by the authors of [16; 17]. According to the authors of the studies [16] or [18], in the 1990s methods based on direct and indirect costs were mainly used for pricing in road transport. Pic. 1 shows a tool commonly used in the 1990s to calculate the price of road transport.

However, methods with the division of costs into direct and indirect ones were used mainly by larger companies. Transporters, which were created in the frame of the privatisation of state-owned enterprises and operated less than 5 vehicles, did not calculate the price but used the price of competition [16]. In some companies, especially small ones, which calculate the price for transport, this method is still used today.

After the year 2000, several authors preferred calculations for the area of transport services based on the division of costs into variable and fixed ones. These are calculations that take into account the performed output [16]. There are several procedures for calculating of the price



1. Fuels.
2. Direct material.
2.1. Tires.
2.2. Other direct material.
3. Direct wages.
4. Depreciation of vehicles.
5. Repair and maintenance of vehicles.
6. Other direct costs.
6.1. Travel expenses.
6.2. Contributions to the social and health insurance company.
6.3. Another direct costs.
Sum of 1 to 6.3 represents «Direct costs».
7. Operating overhead.
8. Administrative overhead.
Sum of 7 and 8 represents «Indirect costs».
9. Profit.
Sum of 1 and 9 represents «Price».

Pic. 1. The structure of calculations with the division of costs into direct and indirect [developed by the authors].

for transport using fixed and variable costs, discussed, e.g., in [19–21]. The principle of calculation is that variable costs depend on performance (most often the distance travelled during transport) and fixed costs depend on the duration of transport (most often on the number of days of transport). Transport is specific in that because it also realises performance that is not directly calculated through the price. The problem is that the vehicle not only performs the performance with the load but also performs the transfer from the place of consignment’s unloading to the place of loading the consignment of the next transport. Such a journey incurs costs for the transporter, but this journey is not directly paid by the customer. For the transport to be efficient for the transporter, it is also necessary to include these costs in the price for customers for the realised transport of consignments. According to the calculation methods described by [20; 21] the variable costs for a specific transport are adjusted by a constant as follows:

$$VN_p = \frac{f(nv_p; d_p)}{K},$$

where VN_p are variable costs related to transport, which are a function of unit variable costs per travelled kilometre (nv_p) and distance travelled during transport (d_p) and adjusted by the coefficient of use of journeys (K), which expresses what share the transporter will use for transport. The authors of [16; 18] state that the value of the coefficient is in the range of 0,8 to 0,9 depending on the

conditions of the transporter. They recommend using a constant value of the coefficient when calculating. We will take a closer look at the dependence of the coefficient of use of rides utilisation in the next part of this paper. The coefficient does not adjust fixed transport costs (NF_p), which depend on the relationship:

$$FN_p = f(nf_d; d),$$

where (nf_d) are the fixed costs per day of operation of the vehicle and (d) is the number of days of shipment duration. As the vehicle is not in service every day of the year, it can be claimed that the fixed costs per day of operation (nf_d) are function of the fixed cost per year per vehicle (NF_y) and the number of days of operation per year (P_y). This means that the fixed costs per transport depend on the currently used calculation methods as follows:

$$FN_p = f(nf_d; d).$$

The author of the paper [22] notes that most transport companies only record their internal costs incurred in doing business, but do not take into account external costs that they cannot quantify from accounting. These costs arise due to the operation of transport, e.g., costs of infrastructure, environmental protection, etc., and are in most cases covered by the state [23]. However, we will not deal with these costs further in this article, because these costs without their internalisation do not affect the costs of the transporter in a particular transport.

According to the authors of [24], the price is influenced on the one hand by the costs incurred to the transporter in transporting the goods, but on the other hand also by the value arising from the transport of the consignment on the transporter's side. Two basic principles are used in price creation namely utility and cost. The cost principle is based on the transport price paying the transporter the costs incurred and a reasonable profit. Therefore, if the transporter does not perform any transport performance, the transporter is burdened with fixed costs, and thus it is necessary to know the amount of its fixed and variable costs, which can be determined by a suitable way of cost calculation. The cost principle is also defined by [16] which adds to the fact that it is important for the transporter to realise that the business result for a certain period plays an important role and is not just the question of profitability of each transport performed. The utility principle, which is also called the value principle, expresses the effect of demand on the price. This is the value that arises for the transporter from the implementation or non-implementation of discussed shipment. However, the mentioned value is not an unambiguously determined quantity, but it is often the result of the opposite effect of various influences. These effects can be determined by the difference between the price of a tangible product at the place of production and at the place of consumption, where the difference defines the price limits for transport, as well as the price of transported goods. Another influence that affects value is competition, and thus as the competition is stronger, the lower is the value of the transport service and the price for transport [25]. The work [16] also defines the utility principle, noting that a quality product also requires quality transport, and that these quality requirements will continue to increase on the part of transporters, and transporters must respond flexibly to these requirements in order to be able to find a job in the future in conditions of ever-increasing and numerous competitions. From the above principles, we can also determine the price limits, namely the minimum and maximum. The minimum price is determined by the border, respectively, marginal costs of the transporter related to the realisation of the transport. The maximum price is determined by the difference between the price of the tangible product at the place of production and at the place of consumption, respectively, sales. If the price for

transport were higher than this difference, the marketability of the product would decrease [26].

The transport company should monitor and manage its costs and compare these monitored costs with the competition. In Western Europe, reference tariffs or cost indices are used for this purpose.

It should be noted that the demand for transport can be defined like secondary, as it arises from customer demand for goods and services [26]. Demand for transport is influenced by factors that affect it and change customer preferences. The most important factors are the price for transport, the prices of competition, which are discussed more in [27], the value of goods, physical characteristics of goods, the income of the population, seasonality, and, especially, the quality of transport services. The quality of transport services is dealt with in detail, e.g., in [28; 29]. This quality factor consists of a set of quality features, which are speed of transport, reliability, technical and technological equipment, staffing and safety [29].

It is clear from the findings of [27] that within the European Union there are routes with higher transport demand and routes with lower transport demand. In case of lower demand for transport on a given route, there is a higher risk of non-return transport or a higher risk of driving a vehicle without a consignment. That is, the transporter should also incorporate into the price created by the above calculations the influence of the direction of the transport, because this influence creates the risk of impossibility of recovering the return transport, resulting in costs that the efficient transporter includes into the transport price [30]. This issue is being addressed in Central European conditions in [31], where the authors claim that it is economically incorrect to use a single unit price for all transfers performed by a transporter. No available costs calculation method takes into account the level of demand for return transport at the place of unloading of the first transport. For this reason, in this paper we deal with the identification of the factor of the influence of the place of unloading on the price for transport.

IDENTIFICATION OF TRANSPORT UTILISATION COEFFICIENT

The authors of [16; 18] recommend the use of the transport utilisation coefficient in the road transport cost calculations as a constant, which is calculated as the ratio of the distance travelled



per year with the vehicle loaded to the total distance travelled per year. In the case of a year-round application, mathematically this is the right approach, provided that in each direction of the transport route there is an equal probability of obtaining carriage for the return journey. Based on the results of the studies [32; 33], there are significantly stronger traffic flows in direction of east-west in Europe comparing to north-south traffic routes. This means that if a shipment realised from Central Europe is finished in Southern Europe (e.g., in Serbia), the transporter would be less likely to recover the shipment comparing to shipments made in Western Europe (e.g., in Germany). From the above assumption, it is possible to assume that the utilisation coefficient of routes in the calculations should not be represented by a constant, but by a variable index, depending on the place of termination of transport. In the next part of this paper, the aim is to prove that the utilisation coefficient of routes varies depending on the direction of transport.

Given that the demand for transport is a secondary demand, which is deduced from the primary demand for other products, it can be stated that the demand for transport is also characterized by its intervals of maximum and minimum demand over time. In case of transport demand change, the coefficient of utilisation of routes, which influences the price for transport, should also react to this fact in the calculations. The aim of the next part of the paper is also to identify how the utilisation coefficient of routes changes over time (during the year or a shorter period).

If we will be successful in identification of the dependence of the utilisation coefficient of routes on the direction of transport or on time, the constant (K) should be replaced by a variable index in determining of the total transport costs and thus in determining the price in economically correct calculation.

RESULTS AND DISCUSSION

To be able to identify a change in demand across entire Europe and to avoid, as far as possible, the specific influence of transporters, we did not use a method of questionnaire to identify a change in demand. Due to the fact that transporters in most cases use transport databases to search for return transports, we used data published by transport databases for research. The transport database is a platform where the demand and supply of transport in road transport

meet, i.e., it is a database of transport demand for unoccupied consignments for transport and offers of free vehicles to which transport is not assigned. We used a transport database for research, in which 43,000 companies from Europe are registered and the database processes an average of 750,000 shipments per day across Europe. Every day from 1st September 2018 to 31st August 2019, we identified the share of offered free transports and the share of offered free vehicles for transport with a focus on 19 countries: Belgium, Bulgaria, Czech Republic, France, the Netherlands, Luxembourg, Hungary, Germany, Poland, Austria, Romania, Slovakia, Slovenia, Serbia, Spain, Switzerland, Italy, Turkey, United Kingdom. To verify our assumption, we identified return transfers only to the territory of Slovakia. Every day from each country, we identified the share of transport offers offered from the total number of entries in the transport database, which are listed in Table 1. We divided the observed period into four periods marked as winter (months December, January, February), spring (months March, April, May), summer (June, July, August) and autumn (September, October, November). The value of 11,75 % in the first line means that in the transport databank, 11,75 % of the total entries from Belgium to Slovakia were offered for transport and on average 88,25 % were offered on one day on the observed period. This means that only part of the vehicles could transport the consignment back to Slovakia. Other vehicles had to transport to another state, respectively to realise a transfer without a consignment to a state where a greater offer of consignments for transport than available vehicles is, e.g., for Poland, 59 % of entries related to the offer of transporting a consignment to Slovakia are in transport databases, which corresponds to 41 % of entries of available vehicles. Some consignments have to wait a longer time for transport on this transport route, or the transport is carried out by vehicles that have to be moved empty from a state where is not a sufficient transport offer.

When analysing the outputs for the year, it can be stated that there are significant differences between countries. The highest share of registrations of offered transports to registrations of free vehicles is between the Czech Republic and Slovakia. As much as 73,84 % of registrations are related to the offered transports, only 26,16 % are related to the offer of transport

Table 1

Share of return routes offered from individual countries to Slovakia
in (%) [developed by the authors]

State	Winter	Spring	Summer	Autumn	Whole year
Belgium	9,45	12,00	9,33	16,20	11,75
Bulgaria	11,80	7,80	8,20	14,30	10,53
Czech Republic	72,41	78,70	71,71	72,54	73,84
France	8,87	11,00	6,40	9,70	8,99
Netherland	12,89	21,00	14,17	15,30	15,84
Luxemburg	4,68	8,80	6,57	5,83	6,47
Hungary	25,49	26,30	34,00	37,70	30,87
Germany	17,51	19,30	11,50	21,11	17,36
Poland	51,28	50,30	70,20	64,20	59,00
Austria	26,70	45,00	28,00	35,75	33,86
Romania	8,92	4,80	7,60	9,45	7,69
Slovenia	33,78	49,00	41,00	40,56	41,09
Serbia	11,10	2,30	17,80	11,00	10,55
Spain	14,10	9,00	4,17	11,45	9,68
Switzerland	2,17	3,00	4,20	4,89	3,57
Italy	18,78	37,30	21,20	23,47	25,19
Turkey	12,33	6,70	25,83	40,60	21,37
Great Britain	16,30	17,00	7,83	18,42	14,89

capacity of free vehicles. It is significantly more problematic for the transporter to obtain transport to Slovakia from Switzerland (3,57 %), Luxembourg (6,47 %) or Romania (7,69 %). Based on the above analysis, it can be stated that the transporter does not proceed correctly when calculating the price for transport if it uses the same constant utilisation coefficient of routes for all its transports. Based on a calculation published by [5] and considering a variable cost of €0,7 per km of driving, adjusted by a constant utilisation coefficient of routes 0,85, the adjusted variable cost will be € 0,824 per kilometre. If we consider a daily fixed cost of € 160 [5], then the total cost of transporting for transport distance of 1000 km, which would last two days, would be € 1,144 per transport. According to the original calculation procedures, the costs would depend only on the costs on the individual routes (different costs are, for example, for tolls). If we process from the simplification that the level of costs is the same for all transport routes, the value of the total costs to each state of transport with a transport distance of 1000 km will be € 1,144. Such a process is not correct. E.g., in transport to the Czech Republic, the transporter will most likely be able to find a return transport to Slovakia, so the utilisation coefficient will only take into account the transfer of the vehicle from the place of unloading to the place of

loading. This means that the utilisation factor will be close to 1. If the transport is realised in Switzerland, the transporter will most likely not be able to get the return transport back to Slovakia, it will have to make a larger journey with a vehicle without a loaded vehicle. It can be assumed that the transporter will be forced to leave Switzerland with an empty vehicle. However, such a situation must be taken into account in calculation of the price for transport from Slovakia to Switzerland in the form of an adjustment of the utilisation coefficient of route. In this case, the value of the coefficient can be close to 0,5, because a value of 0,5 means that the vehicle will return empty.

Used calculation methods are based on a constant value of the utilisation coefficient of routes, which is based on the year-round performance of the transporter, i.e., it does not change throughout the year. However, in the research we focused on the change in the shares of registrations in individual seasons (Table 1).

Based on the research, it can be stated that the shares of the number of registrations of free transport during the year are not constant in any of the analysed countries. In this case, however, it is not possible to determine that the largest share of free transport is the highest for all countries in a given period. Table 2 divides the countries according to the period in which it is easiest for the transporter to obtain transport from that



Table 2

**Distribution of states according to the period of the greatest share
of free transport registrations [developed by the authors]**

Winter	Spring	Summer	Autumn
Spain	Czech Republic France Netherland Luxembourg Austria Slovenia Italy	Poland Serbia	Belgium Bulgaria Hungary Germany Romania Switzerland Turkey Great Britain

country. However, it is possible to see that most shipments are transported in the spring from the countries of Western Europe and the Czech Republic. The exceptions from the countries of the European Union are Belgium and Germany, where the highest value is in the autumn. However, it should be noted that goods transported from Asia are transported to Slovakia mainly through ports in Belgium and Germany [34], which may affect the supply of transport from these countries. In the north-south direction, the states achieve the highest offer of free transport in the summer and autumn. We were also interested in whether there is a change in the share of free transport registrations in transport databases even in shorter periods of time. Therefore, we monitored how the registrations developed over the course of one week. Table 3 contains an analysis of the development of the number of entries of the offer of shipments from the given state to Slovakia for the monitored period of one year.

In all cases, the level of the share of consignments offered for transport during the week changes. The share increases in the second half of the working week with a subsequent decline during Saturday and Sunday. The average development for all monitored countries together is shown in Pic. 2. In the overall monitoring of the development of the share of free consignments for transport, the highest share is reached on Friday, with a subsequent decrease during Saturday and Sunday. The decrease during the weekend can be expected, because not all consignors work continuously during the weekend.

Based on this research, it can be stated that the utilisation coefficient of routes is not constant neither in terms of transport direction nor in terms of transport time. The level of the utilisation coefficient of routes changes both during the year but also during a specific week. We can state that the coefficient of utilisation of routes depends as follows:

$$K = f(S_p; T_p),$$

where SP is transport direction and TP is time of beginning of transport realisation.

The total costs of the transporter for the realised transport also correspond to this development. If the transporter has to make a larger transfer of the vehicle without loading, he has to consider higher costs during transport. To correct the costs related to transport, the utilisation coefficient of routes is used, which is not constant but depends on the relation above. The relation between the total transport costs can then be adjusted as follows:

$$CN_p = VN_p + FN_p = \frac{f(nv_p; d_p)}{K} + f(nf_d; d);$$

$$CN_p = \frac{f(nv_p; d_p)}{f(S_p; T_p)} + f(nf_d; d).$$

Based on the research, we were able to identify the share of registrations of free shipments for transport and the share of free vehicles, which, however, does not represent the utilisation coefficient of routes. From the data available in the transport databases, it is possible to identify the share of free consignment entries for transport from each state to each other state on a specific day out of the total number of entries containing free consignments and free vehicles. Entries can be converted to a utilisation coefficient of routes according to the following proposed methodology:

- Transport from the place of loading of the first consignment to the place of unloading of the first consignment is always occupied, because it is carried out on the basis of the customer's order. The transporter is only exposed to the risk in return transport. This means that during the first transport, the transporter can consider making full utilisation of the route. If we express the value of the utilisation coefficient of the routes cumulatively for the whole transport there and back, the coefficient reaches the value of 0,5, to

Table 3

Share of return transports offered from individual countries to Slovakia during the week in (%) [developed by the authors]

State	Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday
Belgium	11,18	11,04	11,36	12,89	14,59	9,19	8,70
Bulgaria	9,37	10,78	12,05	11,64	11,40	9,81	8,24
Czech Republic	73,91	73,84	76,11	75,74	75,51	69,78	69,10
France	8,49	8,25	8,88	10,62	11,93	8,91	8,11
Netherland	15,68	15,26	15,64	17,63	19,61	15,50	14,41
Luxemburg	6,91	6,71	8,18	7,02	7,53	5,03	5,01
Hungary	30,36	30,35	31,98	34,44	32,72	30,28	29,05
Germany	17,13	16,55	15,56	16,99	18,56	16,15	15,38
Poland	57,94	57,93	59,87	60,65	60,49	57,03	55,68
Austria	32,91	35,77	33,06	33,38	35,15	30,07	30,81
Romania	7,35	6,89	9,24	9,90	10,08	7,50	7,12
Slovenia	39,35	39,22	42,55	43,36	44,36	39,84	38,60
Serbia	10,51	13,29	12,39	9,89	10,00	10,48	10,89
Spain	8,89	9,06	10,43	10,59	11,90	9,38	8,51
Switzerland	2,88	3,45	4,06	3,93	5,15	3,80	3,21
Italy	24,01	23,27	24,28	26,29	28,66	24,29	24,11
Turkey	20,48	21,89	23,07	23,82	21,08	16,53	18,27
Great Britain	13,72	14,44	14,74	15,62	17,15	13,69	12,65

which the value related to the return journey of the vehicle is added. If the vehicle returns empty, no utilisation will be added to the value of the coefficient and the level of the coefficient would remain 0,5.

- If the vehicle will also carry out a return transport, it is necessary to consider transfer of the vehicle. The transfer of a vehicle represents approximately 5 % even if there is a sufficient number of free transports offered.

- If the share of offered services in the country of unloading of the first consignment is more than 50 %, which means that there are more free consignments on the return journey than the vehicles offered for transport, the transporter is likely to find a suitable transport. It is also necessary to consider a vehicle transfer, which represents approximately 5 %, i.e., the value of the utilisation coefficient of routes will increase cumulatively by 45 %. The resulting value of the utilisation coefficient of routes is 0,95 %.

- If the share of transports offered in the country of unloading of the first consignment is less than 50 %, which means that there are fewer free consignments on the return route than the transport vehicles offered, the transporter must travel longer with the vehicle to obtain a suitable consignment. If the identified share of free transports from state «i» and to state «j» for transport «P» is also marked as « d_{pij} », then the value of the coefficient can be determined as:

$$K = 50 + (d_{pij} - 5) (\%)$$

It is necessary for the transporter to know whether the transport he carries out will be performed with profit or loss. This methodology creates a tool for the transporter, which can gain a competitive advantage in identifying more accurate costs arising from transport to individual countries and in individual periods of the year, respectively day of the week.

CONCLUSION

Transporters of international road freight transport currently operate in the common market of the European Union, where they can operate in international transport under the same conditions. On the one hand, the entire EU market was opened up for transporters from Central Europe, but competition has also increased significantly. A higher competitive environment also calls for more accurate cost calculations. Transporters, as they carry out part of the performance without loading, mainly during transfer of the vehicle from the place of unloading to the place of next unloading, recalculate the costs with the utilisation coefficient of routes. In common practice, a coefficient based on the annual performance of vehicles is used and is further used as a constant in recalculating costs. Based on the research, we have identified that the value of the utilisation coefficient of the routes is not constant, but variable value depending on the direction of transport. There are countries in which the transporter is able to



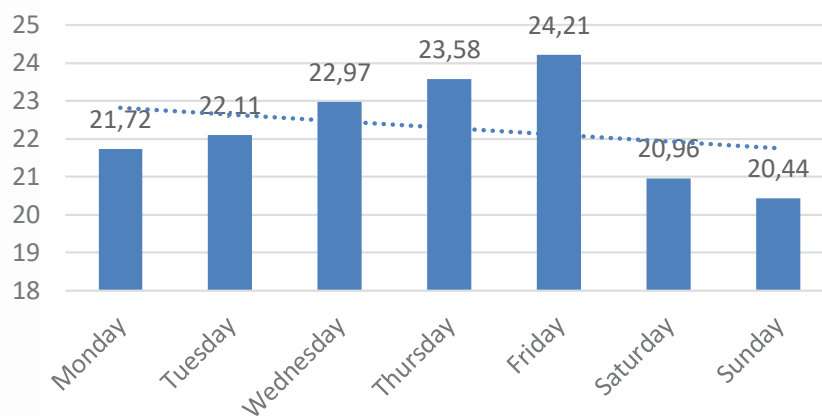


Fig. 2. Development of records of the offer of shipments during the week in the analysed countries together in percentages [developed by the authors].

ensure the transport of a consignment without any problems during a return transport of the vehicle, and there are countries where the return utilisation of the vehicle is problematic. We have also identified that the value of the coefficient also depends on the loading time of the consignment for transport. The coefficient changes not only during the seasons, but also during one and the same week. In the paper, the authors have proposed a methodology by which it is possible to change the constant value of the utilisation coefficient of use of routes to a variable value depending on the direction of transport and on the time of transport.

The authors are aware that there are special transports for which the application of the utilisation coefficient is problematic because it is not possible to carry out return transport in such vehicles. These are, in particular, tank vehicles intended for the transport of dangerous goods or foodstuffs.

REFERENCES

1. Avetisyan, M., Heatwole, N., Rose, A., Roberts, B. Competitiveness and macroeconomic impacts of reduced wait times at U.S. land freight border crossings. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Elsevier, 2015, Vol. 78 (C), pp. 84–101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.04.027>.
2. Castillo-Manzano, J., Castro-Nuño, M. Driving licenses based on points systems: Efficient road safety strategy or latest fashion in global transport policy? A worldwide meta-analysis. *Transport Policy*, 2012, Vol. 21, pp. 191–201. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2012.02.003> [access restricted for subscribers only].
3. Rotondo, E. The legal effect of EU Regulations. *Computer Law & Security Review*, 2013, Vol. 29, No. 4, pp. 437–445. DOI: [10.1016/j.clsr.2013.05.003](https://doi.org/10.1016/j.clsr.2013.05.003).
4. Osterloh S., Heinemann, F. The political economy of corporate tax harmonization – Why do European politicians (dis) like minimum tax rates? *European Journal of Political Economy*, 2013, Vol. 29 (C), pp. 18–37. [Electronic resource]: <https://www.econstor.eu/handle/10419/27591>. Last accessed 30.09.2022.
5. Jourquin, B., Beuthe, M. Cost, transit time and speed elasticity calculations for the European continental freight transport. *Transport Policy*, 2019, Vol. 83, pp. 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.08.009>.
6. McLennan, A. Price dispersion and incomplete learning in the long run. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 1984, Vol. 7, Iss. 3, pp. 331–347. DOI: [10.1016/0165-1889\(84\)90023-X](https://doi.org/10.1016/0165-1889(84)90023-X) [access restricted for subscribers only].
7. Forootani, A., Tipaldi, M., Zarch, M. G., Liuzza, D., Glielmo, L. Modelling and solving resource allocation problems via a dynamic programming approach. *International Journal of Control*, 2019. DOI: [10.1080/00207179.2019.161521](https://doi.org/10.1080/00207179.2019.161521) [access restricted for subscribers only].
8. Vaishya, S. R., Sarkar, V. Accurate loss modelling in the DCOPF calculation for power markets via static piecewise linear loss approximation based upon line loading classification. *Electric Power Systems Research*, 2019, Vol. 170, pp. 150–157. DOI: [10.1016/j.epsr.2019.01.015](https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.01.015) [access restricted for subscribers only].
9. Gnap, J., Konečný, V., Varjan, P. Research on Relationship between Freight Transport Performance and GDP in Slovakia and EU Countries. *Nase More*, 2018, Vol. 65, Iss. 1, pp. 32–39. DOI: [10.17818/NM/2018/1.5](https://doi.org/10.17818/NM/2018/1.5).
10. Garaj, V. Competition and product quality. *Ekonomický Casopis*, 1993, Vol. 41, Iss. 2, pp. 99–113.
11. Bujnova, D., Dubcová, G. Possibilities of applying costing in management decision-making. *Ekonomický Casopis*, 1995, Vol. 43, Iss. 6, pp. 497–515.
12. Konečný, V., Semanova, S., Gnap, J., Stopka, O. Taxes and Charges in Road Freight Transport – a Comparative Study of the Level of Taxes and Charges in the Slovak Republic and the Selected EU Countries. *Nase More*, 2018, Vol. 65, Iss. 4, pp. 208–212. DOI: [10.17818/NM/2018/4SL8](https://doi.org/10.17818/NM/2018/4SL8).
13. Osterloh, S., Debus, M. Partisan politics in corporate taxation. *European Journal of Political Economy*, 2012, Vol. 28, Iss. 2, pp. 192–207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2011.11.002>.
14. Valaskova, K., Klietstik, T., Kovacova, M. Management of financial risks in Slovak enterprises using regression analysis. *Oeconomia Copernicana*, 2018, Vol. 9 (1), pp. 105–121. DOI: [10.24136/oc.2018.006](https://doi.org/10.24136/oc.2018.006).
15. Klietstik, T., Misankova, M., Valaskova, K. [et al]. Bankruptcy Prevention: New Effort to Reflect on Legal and

Social Changes. *Sci. Eng. Ethics.*, 2018, Vol. 24, pp. 791–803. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11948-017-9912-4> [access restricted for subscribers only].

16. Gnap, J. Kalkulácia vlastných nákladov a tvorba ceny v cestnej doprave. Žilinská univerzita, 2002, 243 p. [Electronic resource]: <https://edis.uniza.sk/produkt/6389/Kalkulacia-vlastnych-nakladov-a-tvorba-ceny-v-cestnej-doprave/> [paid access].

17. Turner, S., Park, E. S. Incomplete Archived Data of Intelligent Transportation Systems for Calculation of Annual Average Traffic Statistics: What Level of Missing Data Causes Problems? *Transportation Research Record*, 2008, Iss. 2049, pp. 1–13. DOI: 10.3141/2049-01 [access restricted for subscribers only].

18. Drożdziel, P., Piasecki, S. Study of the method of assessing the economic efficiency of exploitation cars in a transport company. *Folia Societatis Scientiarum Lublinensis*. Lublin, 1995, pp. 60–66.

19. Baller, A. C. [et al]. The dynamic-demand joint replenishment problem with approximated transportation costs. *European journal of operational research*, 2019, pp. 1013–1033. DOI: 10.1016/j.ejor.2019.01.070.

20. Poliak, M. The Relationship with Reasonable Profit and Risk in Public Passenger Transport in the Slovakia. *Ekonomický časopis*, 2013, Vol. 61, Iss. 2, pp. 206–220. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/289230545_The_Relationship_with_Reasonable_Profit_and_Risk_in_Public_Passenger_Transport_in_the_Slovakia/link/6034d341299b1cc26e4b47a/download. Last accessed 30.09.2022.

21. Lai, Y. B. The political economy of capital market integration and tax competition. *European Journal of Political Economy*, 2010, Vol. 26 (4), pp. 475–487. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpoleco.2010.02.001>.

22. Říha, Z., Tichý, J. The Costs Calculation and Modelling in Transport. *Transport Means 2015 – Proceedings of the International Conference*. Kaunas Univ. Technol., 2015, pp. 388–391. [Electronic resource]: http://www.ioda.cz/_publikace/pub/2015_The_Cost_Calculation.pdf. Last accessed 30.09.2022.

23. Trigaux, D. Wijnants, L., De Troyer, F., Allacker, K. Life cycle assessment and life cycle costing of road infrastructure in residential neighbourhoods. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 2017, Vol. 22, Iss. 6, pp. 938–951. DOI: 10.1007/s11367-016-1190-x [access restricted for subscribers only].

24. Yiwei, Chen; Hai, Wang. Pricing for a Last-Mile Transportation System. *Transportation Research Part B-Methodological*, 2017, Vol. 107, pp. 57–69. DOI: 10.1016/j.trb.2017.11.008.

25. Krasnyanskiy, M., Penshin, N. Quality criteria when assessing competitiveness in road transport services. *Transport Problems*, 2016, Vol. 11, Iss. 4, pp. 15–20. DOI: 10.20858/tp.2016.11.4.2.

26. Kedzior-Laskowska, M. Economic attributes of quality and competitiveness on the market of road freight

transport services. *Ekonomia i Prawo-Economics and Law*, 2019, Vol. 18, Iss. 4, pp. 441–457. DOI: 10.12775/EiP.2019.029. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/338446584_Economic_attributes_of_quality_and_competitiveness_on_the_market_of_road_freight_transport_services/link/5e153beba6fdcc283761af40/download. Last accessed 30.09.2022.

27. Gnap, J., Konecny, V., Poliak, M. Demand elasticity of public transport. *Ekonomický časopis*, 2006, Vol. 54, Iss. 7, pp. 668–684. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/292548426_Demand_elasticity_of_public_transport/link/603762a0a6fdcc37a84e2e46/download. Last accessed 30.09.2022.

28. Gasparik, J., Stopka, O., Peceny, L. Quality Evaluation in Regional Passenger Rail Transport. *Nase More*, 2015, Vol. 62, Iss. 3, pp. 114–118. DOI: 10.17818/NM/2015/S15.

29. Askari, S., Peiravian, F. Public transportation quality of service: factors, models and applications. *Transport Reviews*, 2019, Vol. 39, Iss. 4, pp. 558–560. DOI: 10.1080/01441647.2018.1531083 [access restricted for subscribers only].

30. Xiao-Feng, Xie; Zunjing, Jenipher Wang. Combined traffic control and route choice optimization for traffic networks with disruptive changes. *Transportmetrica B-Transport dynamics*, 2019, pp. 814–833. DOI: <https://doi.org/10.1080/21680566.2018.1517059> [access restricted for subscribers only].

31. Poliak, M., Poliakova, A., Mmrikova, M., Simurkova, P., Jaskiewicz, M., Jurecki, R. The Competitiveness of Public Transport. *Journal of Competitiveness*, 2017, Vol. 9, Iss. 3, pp. 81–97. DOI: 10.7441/joc.2017.03.06. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/320140877_The_Competitiveness_of_Public_Transport/link/59d03c8aa6fdcc181ace0ccd/download. Last accessed 30.09.2022.

32. Mitsakis, E., Lordanopoulos, P., Aifadopolou, G., Tyrinopoulos, Y., Chatziathanasiou, M. Deployment of Intelligent Transportation Systems in South East Europe. Status and Future Prospects. *Transportation Research Record*, 2015, Iss. 2489, pp. 39–48. DOI: 10.3141/2489-05. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/295255006_Deployment_of_Intelligent_Transportation_Systems_in_South_East_Europe/link/56eb159308aeb65d7593a0a1/download. Last accessed 30.09.2022.

33. Albalade, D., Bel, G., Fageda, X. Competition and cooperation between high-speed rail and air transportation services in Europe. *Journal of Transport Geography*, 2015, Vol. 42, pp. 166–174. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2014.07.003 [access restricted for subscribers only].

34. Madudova, E., David, A. Identifying the derived utility function of transport services: Case study of rail and sea container transport. *Transportation Research Procedia*, 2019, pp. 1096–1102. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.153>. ●

Information about the authors:

Poliak, Miloš, Professor Ing., Ph.D., Department of Road and Urban Transport, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications, University of Žilina, Žilina, Slovak Republic, milos.poliak@fpedas.uniza.sk. ORCID: 0000-0002-9149-2439.

Lachmetkina, Natalia Yu., Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Logistics Transport Systems and Technologies, Deputy Head of the Educational Division of the Institute of Management and Digital Technologies of Russian University of Transport, Moscow, Russia, naturla@mail.ru.

Article received 30.09.2022, approved 28.10.2022, accepted 01.11.2022.



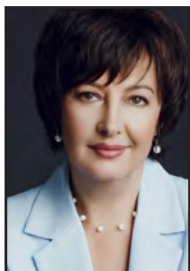
REVIEW ARTICLE

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-6>World of Transport and Transportation, 2022,
Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 164–170

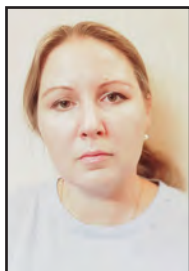
Reducing the Shortage of Railway Capacity through Introduction of Interval Regulation of Train Traffic



Petr V. KURENKOV



Irina A. SOLOP



Eugenia A. CHEBOTAREVA



Elena A. GERASIMOVA



Nadezhda V. KURGANOVA

*Petr V. Kurenkov*¹, *Irina A. Solop*², *Eugenia A. Chebotareva*³,
*Elena A. Gerasimova*⁴, *Nadezhda V. Kurganova*⁵

^{1, 5} Russian University of Transport, Moscow, Russia.

^{2, 3} Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia.

⁴ Samara State Transport University, Samara, Russia.

✉ ⁵ kurganovanadya@inbox.ru.

ABSTRACT

The article presents various options for technical and technological provisions to develop the capacity of railway lines, where there is a need to master the increasing volumes of traffic caused by various factors, for example, changes in national and world cargo flows, passenger flows.

The paper considers provisions undertaken to adopt and effectively implement a new technology of virtual coupling in the interval regulation of train traffic in the conditions of limited railway capacity which makes it possible to reduce inter-train intervals, electricity costs of traction as well as of infrastructure maintenance.

This type of interval control allows controlling the following locomotive considering the information that is transmitted over the radio from the locomotive of the pilot train in front. The problems that arise during the traffic process controlled through virtual coupling mode are also identified followed by the model calculations referring to a system being introduced of stimulation and bonuses awarding intended for assistant station masters and traffic dispatchers of traction divisions respective of the number of dispatched and transit trains controlled through virtual coupling mode.

Keywords: infrastructure, innovations, rail transport, region, automatic blocking systems, virtual coupling, capacity, motivation, efficiency.

For citation: Kurenkov, P. V., Solop, I. A., Chebotareva, E. A., Gerasimova, E. A., Kurganova, N. V. Reducing the Shortage of Railway Capacity through Introduction of Interval Regulation of Train Traffic. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 164–170. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-6>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

Rail transport is among core elements of the transport system due to the significance of transportation services, processing of necessary traffic volumes, safety of goods and reliability of their delivery time, development of new industrial regions, international transport integration. The transport industry faces not prime tasks aimed at both strengthening the capacity of existing lines and developing new high-speed transport routes.

Despite the growth of main railway activity indicators in 2020–2021 (Table 1), the lack of reserves of transit and processing capacities of individual railway lines complicate movement of trains along the sections and lead to emergence of «abandoned trains» at the approaches to seaports and transshipment points. In connection with the foregoing, the railways are constantly working to increase the capacity on the main railway lines. The main activities traditionally include reconstructive, organisational and technical (technological) solutions, while the latter, taking into account insignificant investments, are preferable for the short term.

Also, JSC Russian Railways is carrying out systematic work, which consists not only in development of new regulatory documents, but also in the adoption of modern innovative long term solutions intended to enhance capacity of the now limited capacity sections. Such innovations include introduction of automatic locomotive signalling systems (ALSO) with changeable block sections, development of new systems for interval control of train traffic and virtual coupler technology (VCS) [1–4].

According to the results of a study conducted by the authors of [5], it was found that single organisational measures to ensure the required capacity of traffic-intense sections are not enough and sometimes a set of provisions is required [6]. In this regard, the authors analysed various measures to increase capacity involving the use of various train traffic systems [7; 8], an increase in the share of long and heavy trains [9; 10], changes in infrastructure parameters [11–14], choice of the

type of scheduling and methods of managing the trains traffic according to the schedule [15], optimisation models, and other tools for schedule development [16–20].

So, for example, advanced technologies of virtual couplings have shown their effectiveness at the Eastern region of the Russian Railways network. The meeting of the Scientific and Technical Council of JSC Russian Railways on May 13, 2021 adopted the implementation at the Eastern region of the interval control technologies developed and tested at JSC Russian Railways, comprising changeable block sections, virtual coupling, as well as technical equipment and devices, providing interval regulation of train traffic, to increase capacity considering the feasibility study regarding specific sections.

RESEARCH METHODS

The Eastern region was chosen as the object of study, since it is in this direction that a significant increase in railway traffic is observed. Prior to the outbreak of the COVID-19 pandemic, a comparatively insignificant flow of container cargo along the Trans-Siberian Railway went mainly from Japan and South Korea to Europe and comprised transportation by sea to the ports of the Russian Federation, then by rail along the Trans-Siberian Railway, and then by sea from the ports of the Russian Federation and the Baltic states because of different railway gauges and insufficient development of capacity of transshipment terminals. At the moment, due to logistics problems in the Suez Canal and the increased transport demand, China is redirecting its exports to Europe through Russian railways. The necessary conditions have been gradually created: transshipment container terminals have been built on the railway connections with China, powerful logistics centres have been constructed on the western borders of Russia and Belarus, so containers are now delivered by rail. Simplification of customs and related control procedures, the presence of a «green» corridor for transit cargo has reduced the delivery time from 30 to 14 days.

Table 1

Quantitative indicators of the activity of Russian Railways Holding Company
[Reference paper «Main indicators of transportation activity of the transport sector»:
<https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Perevozka2022.xls>]

Indicators of cargo transportation	2020	2021	Dynamics
Loading (mln t)	1243,5	1282,8	▲ 3,2 %
Tariff cargo turnover (bln tariff t•km)	2544,4	2637,7	▲ 3,7 %
Cargo turnover considering the empty cars run (bln tariff t•km)	3220,6	3319,6	▲ 3,1 %



But the question remains whether the infrastructure of the Eastern region is ready to continue to meet the growing demand in export markets and expand the capacity to process cargo originating in the region itself. These trends require a detailed study and forecasting, development of various logistics schemes for delivery of goods, conducting comprehensive studies aimed at optimising transportation processes with the interaction of various modes of transport, assessing the capacity of the most important directions of cargo flows [3].

The length of the «bottlenecks» within the Eastern railway region in 2020 amounted to more than 8,000 km. In this regard, there is an active search for various measures to reduce the number of limiting points. Under this aspect, it is important to analyse the proposed modern innovative solutions and evaluate their effectiveness.

The *tasks* of the study were to evaluate the effectiveness of the application of the virtual coupling technology at the Eastern railway region, as well as to estimate a possibility of using this technology at other railway regions to increase the infrastructure and freight-hauling capacity of the most traffic-intensive sections.

RESULTS

Features of Implementation of the Virtual Coupling Technology for Train Traffic

According to the concept of implementing the integrated technology of interval control of train traffic on the railway network, approved by the order of JSC Russian Railways dated September 28, 2020, No. 2123r, the virtual coupling technology of interval control of train traffic is one of the tools to increase capacity of railway sections with a high intensity of train traffic, as well as when the traffic on one of the main tracks is interrupted to conduct scheduled maintenance and repair works.

Let's consider the technology of virtual coupling in more detail. Prerequisites for using the virtual coupling technology comprise:

- Availability of a single system of automated train driving (USAVP), intelligent system of automated train driving of coupled trains with the help of the traction distributed along the length (ISAVP-RT-M) devices onboard of locomotives (both ahead and following ones).
- Availability of a registered order of the train dispatcher for formation and departure from the initial station (indicating the route section) of cargo trains in the virtual coupling mode.

- The minimum interval between cargo trains moving in the virtual coupling mode, supposedly being no more than eight minutes.

It is proposed to consider the virtually coupled unit consisting of two or more trains as the monitored unit of the movement of cargo trains using the virtual coupling technology along the sections served by locomotive crews, while it is deemed inappropriate to consider the virtually coupled train set in the same manner as by analogy with trains coupled via a «rigid» coupling. It is proposed to consider the moment of departure from the initial station of the leading (head) train in the virtual coupling mode as the beginning of the virtual coupling accounting. The end of accounting for the virtual coupling is the moment of arrival at the end station of the service section of locomotive crews (the station for changing locomotives or locomotive crews) of the following (second) train in the virtual coupling mode within an interval of no more than eight minutes.

In case of temporary disconnection of communication between USAVP, ISAVP-RT-M devices along the route of the virtual coupled train set and its arrival at the final service station of locomotive crews (the station for changing locomotives or locomotive crews) within an interval of up to eight minutes from the leading train, such virtual coupling is proposed to be taken into account, while in case of arrival with a longer interval it will not be accepted.

Evaluation of Effectiveness of Application of the Virtual Coupling Technology

The relevance of this topic was also confirmed by the Scientific and Technical Council of JSC Russian Railways on May 13, 2021, held on the topic «On development and implementation of technologies for interval regulation of train traffic to increase capacity of the Eastern railway region». At the meeting, the main guidelines and decisions announced were aimed at further development of technology. They concerned: the permanent use of virtual coupling technology for organising train traffic on Karymskaya–Khabarovsk–Smolyaninovo section of Zabaikalskaya and Far Eastern railways; expansion of the area for introduction of the virtual coupling technology, taking into account availability of the necessary locomotive fleet, locomotive crews and dispatchers on duty in Karymskaya–Taishet section, as well as the adoption of the technology in areas of predominantly passenger traffic in the direction of the Black Sea coast; refinement of the algorithms for operation of ISAVP-RT-M in the

virtual coupling mode; preparing proposals for organising the accounting of indicators of statistical reporting and motivation of personnel regarding train traffic using the virtual coupling technology, and others.

Operational tests are being carried out on driving trains in the virtual coupling mode, the commissioning of KLUB-U on-board safety equipment with modified software, digital radio modems and the ISAVP-RT-M system that supports this technology on locomotives of the 3ES5K series is being accomplished at Karymskaya–Khabarovsk II–Smolyaninovo section.

To assess the effectiveness of implementation of the technology of interval control, it is proposed to take into account cargo trains following in a virtual coupling mode according to the following parameters:

- Number of virtually coupled train sets travelled during the reporting period.
- Gross (net) ton-kilometres transported in virtual coupling mode.
- Car-kilometres travelled in virtual coupling mode.
- Average sectional speed of movement of each cargo train in virtual coupling mode.
- Consumption of fuel and energy resources for train traction for each cargo train in virtual coupling mode.
- Average traffic interval between cargo trains in virtual coupling mode.
- The percentage of trains running in the virtual coupling mode, taking into account the duration of the temporary disconnection between the USAVP, ISAVP-RT-M devices of the leading and following locomotives.

To date, there are several difficulties in analysing the application of this technology, that will be further considered. First, there is the need for automated traffic control of trains in the virtual coupling mode followed by an analysis of the performance of the technology. Currently, these trains are monitored in the «manual» mode. This approach does not allow obtaining complete information about the results of journeys, identifying deviations from the traffic schedule, assessing the state and readiness of traction resources.

To generate factual data and analyse the effectiveness of application of this technology, the departments and branches involved have developed a list of the indicators to be included in the statistical reporting forms (Table 2).

To implement the task, it is necessary to develop a few regulatory documents and organise automatic

generation of reference and analytical forms by the Central Directorate of Traffic Control. For this purpose, an order was prepared, based on which it is planned to approve and put into effect from June 1, 2024, the form of internal statistical reporting called DO-44 VCS «Report on cargo trains running along the infrastructure of JSC Russian Railways using the virtual coupling technology».

The main blocks of data for evaluating the effectiveness of application of the virtual coupling» technology are presented in Pic. 1.

After the necessary documents have been developed in accordance with the established procedure, these proposals will be implemented in automated systems ASOUP (Automated system for operational management of transportation), GID «Ural-VNIIZhT» (Automated system for maintaining and analysing the schedule of completed traffic), AWP OND (Automated workplace «Reporting and number data») as part of the program of digitalisation of the transport industry. This will ensure development of a single database of locomotives equipped to work using the virtual coupling technology; automated generation of data on trains running in VC mode; the use of data for an objective assessment of the work of employees and their motivation. The second stage will be automation of the generation of information necessary to assess the effectiveness of the technology application.

Proposals to Motivate Assistant Station Masters and Train Dispatchers to Implement New Technology

An important role in implementation of the new technology is played by employees who ensure the movement of trains with reduced inter-train control intervals throughout the route. A single position has been developed on the need to motivate the assistant station masters and train dispatchers of the traffic control directorates and employees of the traction directorates by paying a fixed monetary remuneration for each train dispatched and proceeded from/through the section in the interval regulation mode.

As part of the work on proposals for staff motivation, a list of indicators of statistical observation was formed, reflecting the implementation of this technology:

- Total number of trains dispatched in the virtual coupling mode.
- Number of trains that have passed through the entire section in the virtual coupling mode, while calculating their share in the total number of dispatched trains.



Indicators for analysing the effectiveness of the application of the virtual coupling technology [compiled by the authors]

Technology implementation	• The number of trains departed from the railway region's stations in the virtual coupling mode. • The number of trains travelled in the virtual coupling mode. • The average traffic interval between cargo trains in the virtual coupling mode. • The percentage of trains running in the virtual coupling mode, taking into account the duration of the temporary disconnection between the leading and following locomotives.	Assessment of the scale of technology implementation and fulfilment of technological requirements
Processing of cargo	• Gross ton-kilometres (net) transported by trains in the virtual coupling mode, identifying the leading and following locomotive. • Car-kilometres travelled by trains in the virtual coupling mode, identifying the leading and following locomotive.	Assessment of the increase in the capacity of sections
Quality of traction use	• Average sectional and technical speed of cargo trains in the virtual coupling mode. • Average mass of a train (gross) in the virtual coupling mode, calculated as the average mass of each of the trains travelling in the virtual coupling mode.	Assessment of the effectiveness of organisation of operations of locomotives and locomotive crews
Need for resources	• Specific consumption of fuel and energy resources for train traction. • Absolute and specific recuperation values for trains operated in the virtual coupling mode.	Estimating resource consumption when implementing the technology

• Number of trains that moved through a part of the section in the virtual coupling mode, while calculating their share in the total number of dispatched trains.

To do this, in accordance with the bonus system adopted by the company (approved by order of JSC Russian Railways dated July 20, 2010, No. 1573r), when providing additional awards, it is necessary to ensure the following basic conditions:

1. Define bonus indicators.

As indicators for the period of trial operation of the virtual coupling technology, it is proposed to apply the following indicators:

• Number of trains dispatched from the stations in the virtual coupling mode.

• Number of trains travelled through the railway region in the virtual coupling mode, provided that they travelled along at least 85 % of the dispatching sections length in this mode.

2. Establish a range of employees who directly affect implementation of these indicators and are thus subject to bonus awarding.

3. Bonuses are planned to be awarded on a monthly basis, depending on the results of each employee involved in this motivation system.

4. One of the most important mandatory conditions is availability of reliable statistics on achievement of bonus indicators.

It is planned that the bonus system will be extended to assistant station masters at the railway stations of train departure and to train dispatchers of the sections through which these trains pass.

Let us consider an approximate calculation (if a decision is made to change the amount) of the average payment of bonus remuneration and the bonus fund for train dispatchers (TD) and assistant station masters (ASM).

Let's make a calculation for ASM:

$$F_{\text{bonus}}^{\text{ASM}} = \frac{n_{\text{dep}} \cdot P}{k_{\text{people}} \cdot DC}, \text{ rub.} \quad (1)$$

where n_{dep} – number of train departures in the virtual coupling mode;

P – amount paid per each pair of trains;

k_{people} – number of ASM employees using interval control technology;

DC – district coefficients.

Let us show an example of calculations, if the amount of the bonuses for ASM will be fixed, e.g., at the rate of 700 rubles per each pair of trains dispatched from the station in the virtual coupling mode. For example, the number of ASM involved in bonus system is 52 people at eight train departure stations using the technology of interval regulation, including Karymskaya (12 people), Chernyshevsk-Zabaikalsky (5 people), Mogocha (10 people), Urusha (5 people), Smolyaninovo (5 people), Ruzhenko (5 people), Khabarovsk-2 (5 people), Obluchye (5 people). Based on the average monthly data used for model calculating on the number of train departures in the virtual coupling mode during nine months (180 pairs of trains per month), the average amount of bonuses for ASM, taking into account district wage regulations

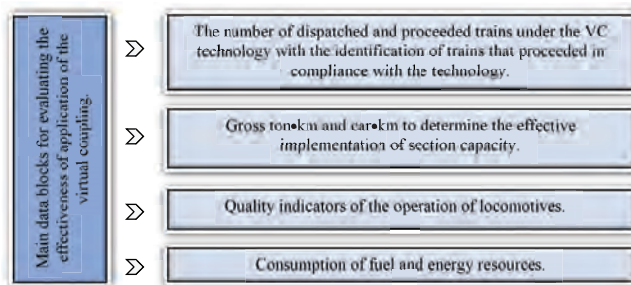


Fig. 1. Main data blocks for evaluating the effectiveness of application of the virtual coupling technology [performed by the authors].

[additional payment for work in remote areas], will be per month:

$$F_{\text{bonus}}^{\text{ASM}} = \frac{180 \cdot 700}{52 \cdot 0,6245} = 3880 \text{ rub. / month}$$

Let's make a calculation for TD:

$$F_{\text{bonus}}^{\text{TD}} = \frac{n_{\text{dep}} \cdot b_{\text{sec}}}{k_{\text{people}} \cdot DC}, \quad (2)$$

where b_{sec} is the number of dispatching sections where this technology is applied.

For train dispatchers, let us assume the amount of the bonus to be 300 rubles per each pair of trains that passed through the railway region in the virtual coupling mode, provided that they travelled through at least 85 % of the dispatching sections along the route in this mode. The bonuses cover 78 train dispatchers of 13 dispatching sections, including eight dispatching sections of Zabaikalskaya Railway (48 people) and five dispatching sections of Far Eastern Railway (30 people).

Based on the condition that each of the 180 dispatched trains will pass on average in the virtual coupling mode through 11 dispatching sections (85 % of the total length of the train route), the bonus amount for the month will be:

$$F_{\text{bonus}}^{\text{TD}} = \frac{180 \cdot 11 \cdot 300}{78 \cdot 0,62498} = 12185 \text{ rub. / month}.$$

Let's calculate the need for the wage fund for payment of additional bonuses for ASM and TD on an annualised basis:

$$\Sigma F_{\text{bonus}}^{\text{ASM,TD}} = (3880 \cdot 52 + 12185 \cdot 78) \cdot 12 = 13826280 \text{ rub. / year}.$$

This technique may be applied when making future calculations according to the real awarding conditions that will be determined.

CONCLUSION

New technological and innovative solutions that are being adopted for implementation to increase the capacity of railway lines, of course, require technical and economic calculations, pilot operations to correct errors and shortcomings

identified during testing. It should be noted that the main risk of this technology is the loss of communication between locomotives via radio channels, which might lead to a break of the virtual coupling, and thus to the transition to «manual» control of the following train and an increase in the interval between trains.

As part of modernisation of organisation of train traffic on the sections of the Eastern railway region for the period up to 2025, considering the updated estimated cargo flows, it is necessary to develop options for train traffic that use innovative technologies for interval control based on mathematical modelling, to perform traction and electrical calculations to determine the allowable inter-train intervals for the virtual coupling mode. At the same time, adoption of the virtual coupling system will require solutions to the following issues:

- Reequipping the locomotives with modern safety devices, automatic driving systems and data transmission devices.
- Updating the train traffic control technology considering the reduction in inter-train intervals, as well as the need to increase the length of the receiving and departure tracks and the use of flat turnouts.

It is also necessary to consider the adoption of this technology when developing Instructions for calculating the capacity of the railways of JSC Russian Railways, to develop proposals for increasing the degree of automation of the transportation process at sections and most important stations of railway regions to ensure the maximum transition from information to control systems when implementing technologies of interval regulation of train traffic.

REFERENCES

1. Klimova, E. V. Carriage and traffic capacity of railway hauls in implementation of «virtual coupling» technology for freight trains. *Vestnik Uralskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, 2020, Iss. 3 (47), pp. 53–64. DOI: 10.20291/2079-0392-2020-3-53-64.



2. Rozenberg, E. N., Dubchak, I. A., Shabalin, N. G., Panferov, I. A. Reduced headway train traffic management in major transfer hubs. *Avtomatika, svyaz, informatika*, 2020, Iss. 1, pp. 11–16. DOI: 10.34649/AT.2020.1.1.001 [paid access].
3. Voronin, V. A., Kurenkov, P. V., Solop, I. A., Chabotareva, E. A. Modern technological and innovative solutions aimed at increasing the flow and transportation capacities of railway lines. *Transportnie sistemy i tekhnologii*, 2021, Vol. 7, Iss. 2, pp. 16–29. DOI: 10.17816/transysyst20217216-29.
4. Olentsevich, V. A., Upyr, R. Yu., Antipina, A. A. The efficiency of implementation of train movement separation according to a «virtual coupling» system at a section. *Modern technologies system analysis modeling*, 2020, Iss. 2 (66), pp. 182–189. DOI: 10.26731/1813-9108.2020.2(66).182-189.
5. Zubkov, V., Ryazanova, E., Chebotareva, E., Bakalov, M., Gordienko, A. Capacity and Traffic Management on a Heavy-Traffic Railway Line. In: Popovic, Z., Manakov, A., Breskich, V. (eds) VIII International Scientific Siberian Transport Forum. TransSiberia 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol 1116, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37919-3_92.
6. Kurenkov, P. V., Volodin, A. B., Astafiev, A. V., Mukhamadshoev, F. K., Solop, I. A. Analysis of approaches to determining the throughput capacities of transport infrastructure facilities. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2020, Iss. 9, pp. 8–14. DOI: 10.36535/023619142020092.
7. Goverde, R. M. P., Corman, F., D'Ariano, A. Railway line capacity consumption of different railway signalling systems under scheduled and disturbed conditions. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 2013, Vol. 3, Iss. 3, pp. 78–94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2013.12.001>.
8. Ljubaj, I., Mlinarić, T. J. The Possibility of Utilising Maximum Capacity of the Double-Track Railway by using Innovative Traffic. *Transportation Research Procedia*, 2019, Vol. 40, pp. 346–35. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.051>.
9. Xi, Wang; Shukai, Li; Tao, Tang. Robust optimal predictive control of heavy haul train under imperfect communication. *ISA Transactions*, 2019, Vol. 91, pp. 52–65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.01.029>. [Electronic resource]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0019057819300412> [paid access].
10. Siroky, J., Siroka, P., Vojtek, M., Divoky, R. Establishing Line Throughput with Regard to the Operation of Longer. *Trains Transportation Research Procedia*, 2021, Vol. 53, pp. 80–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.02.011>.
11. Voronin, V. A., Filipchenko, S. A., Kurenkov, P. V., Solop, I. A., Chebotareva, E. A. Innovative infrastructure elements railway complex: assessment of technologies and operational performance indicators. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2021, Iss. 3, pp. 18–22. DOI: 10.36535/0236-1914-2021-03-3. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46578862> [paid access].
12. Vakulenko, S. P., Kurenkov, P. V., Kuzina, E. L., Astafiev, A. V., Nadolinsky, P. V., Chebotareva, E. A., Solop, I. A., Vasilenko, M. A., Barashyan, V. Y., Gašparik, J. Influence of innovative elements of railway infrastructure complex on the technology of the transport process. *Transportation Research Procedia*, 2021, Vol. 55, pp. 342–347. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.06.040>.
13. Kendra, M., Babin, M., Barta, D. Changes of the Infrastructure and Operation Parameters of a Railway Line and Their Impact to the Track Capacity and the Volume of Transported Goods. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 2012, Vol. 48, pp. 743–752. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.1052>.
14. Odolinski, K., Boysen, H. E. Railway line capacity utilisation and its impact on maintenance costs. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 2019, Vol. 9, pp. 22–33. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2018.12.001>. [Electronic resource]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210970618300441> [paid access].
15. Pascariu, B., Coviello, N., D'Ariano, A. Railway freight node capacity evaluation: A timetable-saturation approach and its application to the Novara freight terminal. *Transportation Research Procedia*, 2021, Vol. 52, pp. 155–162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2021.01.017>.
16. Weik, N., Warg, J., Johansson, I., Bohlin, M., Nießen, N. Extending UIC 406-based capacity analysis – New approaches for railway nodes and network effects. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 2020, Vol. 15 (3), pp. 100199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2020.100199>. [Electronic resource]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210970619300897> [paid access].
17. Jensen, L. W., Schmidt, M., Nielsen, O. A. Determination of infrastructure capacity in railway networks without the need for a fixed timetable. *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*, 2020, Vol. 119, pp. 102751. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2020.102751>. [Electronic resource]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0968090X2030663X> [paid access].
18. Rosell, F., Codina, E. A model that assesses proposals for infrastructure improvement and capacity expansion on a mixed railway network. *Transportation Research Procedia*, 2020, Vol. 47, pp. 441–448. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.119>.
19. Bešinović, N., Goverde, R. M. P. Capacity Assessment in Railway Networks. In: Borndörfer, R., Klug, T., Lamorgese, L., Mannino, C., Reuther, M., Schlechte, T. (Eds.). *Handbook of Optimization in the Railway Industry. International Series in Operations Research & Management Science*, Springer, Cham, 2018, Vol. 268, pp. 25–45. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72153-8_2.
20. Burdett, R. L. Optimisation models for expanding a railway's theoretical capacity. *European Journal of Operational Research*, 2015, Vol. 251 (3), pp. 783–797. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.12.033. ●

Information about the authors:

Kurenkov, Petr V., D.Sc. (Eng), Professor at the Department of Management of Transport Business and Intelligent Systems of Russian University of Transport, Moscow, Russia, petrkurenkov@mail.ru.

Solop, Irina A., Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Operation Management of Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia, bhbif1122@yandex.ru.

Chebotareva, Eugenia A., Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Operation Management of Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia, Abrosimova@ya.ru.

Gerasimova, Elena A., Ph.D. (Economics), Associate Professor at the Department of Economics and Finance of Samara State Transport University, Samara, Russia, gerasi1960@mail.ru.

Kurganova, Nadezhda V., Ph.D. student at the Department of Management of Transport Business and Intelligent Systems of Russian University of Transport, Moscow, Russia, kurganovanadya@inbox.ru.

Article received 22.09.2022, approved 14.11.2022, accepted 16.11.2022.



Modelling of Passenger Air Transportation Prices



Olga P. SUSHKO



Nickolay D. KORYAGIN

Olga P. Sushko¹, Nickolay D. Koryagin²

^{1,2} Moscow State Technical University of Civil Aviation,
Moscow, Russia.

✉ ¹ o.sushko@mstuca.aero.

✉ ² n.koryagin@mstuca.aero.

ABSTRACT

The pricing policy of airlines is developed based on a retrospective analysis of the price dynamics of air transportation and forecasting the market situation of supply and demand. The price dynamics of passenger air transportation has a certain structure and patterns, the identification of which helps to develop a competitive price offer for consumers.

The objective of the work is to determine the structure of price dynamics and identify patterns of price fluctuations in passenger air transportation from 2008 to 2022, which is important to consider when developing the pricing policy of airlines and the range of tariffs. Studies of the price dynamics of airline tickets by econometric methods allowed to identify the structure of the time series of prices and develop several models.

The study of the price dynamics structure, first, identified and analysed the seasonal component of the dynamics of airline ticket prices. Its calculation was carried out using additive and multiplicative models. The range of seasonal changes was -8,5%

to +12,5%. The autocorrelation function of the dynamics of average monthly prices showed that the time series of airline ticket prices contained a trend. In addition to trend and seasonal components, cyclical fluctuations were identified in the price dynamics, the modelling of which was carried out based on regression analysis. Cyclical changes in the dynamics of air ticket prices, identified from 2008 to the present, are not sustainable.

Analysed dynamics revealed several medium-term cycles with a duration of 4–6 years. The cyclical dynamics of air transportation prices largely coincides with the general economic medium-term cycles, but there are time lags or lagging growth and decline rates.

Thus, the change in prices for civil air transportation has a natural trend-cyclical character shaped under the influence of fundamental macroeconomic factors and new determinants, the effect of which may result in a stronger change but with shorter impact or lag effect. Additive and multiplicative models will help predict average annual prices.

Keywords: civil aviation; price dynamics of passenger air transportation; the structure of price dynamics; regression and correlation analyses; trend patterns; cyclical and seasonal components of the dynamics of airline ticket prices; adaptive, additive and multiplicative models.

For citation: Sushko, O. P., Koryagin, N. D. Modelling of Passenger Air Transportation Prices. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 171–179. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-7>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

Global political tensions, economic constraints and social challenges are integrating new operating conditions for businesses, industries, societies and countries and concern also Russian civil aviation industry. The totality of factors including the pandemic and post-pandemic recovery, is reflected in passenger traffic and airfare. The singularity of the price dynamics of passenger air transportation, fluctuations and shifts in the equilibrium price lead to an increase in transformation and transaction costs, to a decrease in the efficiency and profitability of airlines [1–4].

Along with other processes, the efficiency of the airline's economic activity is determined by a decrease in the cost of air transportation of passengers, and by an increase in prices for air tickets, which may differ significantly from the equilibrium supply and demand in the passenger air transportation market. The pricing policy and pricing strategies of airlines are aimed at achieving maximum profitability, both under the conditions of stable economic development and under the tense socio-economic and political conditions. The development of the pricing policy of airlines should be built with an understanding of the structure of price dynamics and considering the patterns of price movement regarding passenger air transportation, which will remove uncertainty and provide a competitive price offer for consumers. Consequently, studies of the price dynamics of air transportation remain relevant from the theoretical aspect and are in demand from practical point of view. Another important reason for the need to conduct a study of movement of air transportation prices for many entities of the aviation business, including government authorities, is the state support for domestic airlines.

State support for passenger air transportation and, in particular, domestic air transport is carried out in many countries of the European Union, Australia, the USA, Canada, etc. For example, in Australia, 75 % of local air transportation is subsidised at 50 % of the commercial rate [5; 6]. In the United States, almost \$150 million is allocated annually to subsidise air transportation [5–7]. In Russia, state subsidies are allocated for socially significant routes¹. In the context of

growing political and economic tensions in 2022, an important decision was made to expand state subsidies for air transportation to increase the availability of air transportation for Russian residents and realise the maximum opportunities for maintaining and developing the mobility of the population. In 2022, it was accepted to subsidise air transportation in the amount of more than 12 billion rubles (with regard to more than 170 routes), and about 9 billion rubles were allocated for development of regional air transportation on 415 routes². Therefore, the study of the dynamics of prices for air transportation and modelling of the price trajectory will contribute to improvement of methods for forecasting prices/tariffs, the pricing mechanism, which is important and relevant for the aviation business [8; 9]. Analysing charts, developing price models, evaluating the height and length of price fluctuations, determining correlations and the strength of the influence of various factor signs on the effective sign of price change, it is possible to assess the likelihood of an increase or decrease in prices for air tickets on the market in the future, which is very important for forecasting and planning the activities of airlines and other aviation enterprises.

Today, many works of scientific and applied nature refer to the modelling of the processes of transportation of goods and passengers. The models differ as by complexity, possibility of implementation, and the objectivity of interpreting the data obtained. Such complex models as neural networks, models with artificial intelligence, Markov chains and others are certainly of scientific interest for a debatable discussion of the impact of new factor realities, such as global changes, institutional transformations of aviation infrastructure, improvement of the technical and technological platform of the aviation business, but they are of little use for the practical purposes of forecasting the volume of air traffic. Forecasting air transportation processes based on econometric modelling provides reliable results compared to the conclusions obtained using other methods. The novelty of the study of the price dynamics of air transportation and modelling of time series is associated with taking into account in full the information about the correlation between the data of the modelled series. Also, the resulting

¹ Federal Air Transport Agency. Statistical data. [Electronic resource]: <https://favl.gov.ru/dejatelnost-ajeroporty-i-ajerodromy-stat-dannye/?ysclid=ld01tld0f218381281/>. Last accessed 10.10.2022.

² In 2022, 172 billion rubles were allocated to support subsidising civil aviation. AVIA.RU Network – Russian aviation Web portal. [Electronic resource]: <https://www.aviastat.ru/analytics/131>. Last accessed 15.09.2022.

models allow monitoring and adding new data to the time series to ensure greater reliability of the results.

To develop the experimental base of the study, information resources were used as follow: data of international statistical organisations, the Russian Federal state statistics service, aggregated data of Aviastat, Aviaport and Aviapro and other organisations^{3, 4}, scientific publications, other statistical and analytical materials [10–12].

The hypothesis of the study on the dynamics of prices for passenger air transportation is based on the following main provisions:

- Change in prices in civil air transportation has a natural character with a trend.
- Variation and specifics of passenger air transportation prices are cyclically and seasonally repeated under the influence of market and non-market factors.
- The dynamics of prices for passenger air transportation reveals the market situation and determines the possible prospects for its development.

The *objective* of the study is to determine the structure of price dynamics and identify patterns of movement of prices for passenger air transportation. The object of the study is the dynamics of prices for air transportation of passengers in Russia.

METHODOLOGY

The main tasks of the current stage of the study of the economic processes in the aviation market included determining the structure of the price dynamics of the cost of passenger air transportation using econometric methods, developing an adaptive model for the seasonal component of average monthly prices, additive and multiplicative models for average annual prices. The initial study of air ticket price dynamics included a qualitative analysis of the phenomenon, search for reliable data, development of databases, and construction of time series of average annual prices from 2008 to 2022, average monthly and average quarterly prices both for entire country and for individual routes. The second stage of the study included

the analysis of price time series using statistical methods (grouping, averages, range, etc.) and econometrics (extrapolation/interpolation, modelling, etc.).

Based on a content analysis of time series data using the least squares method, different types of linear and non-linear relationships are calculated. At the next stage, the results were interpreted with determination of those results that could be the most accurate in the retrospective aspect and suitable for practical use of models for constructing air transportation price projections. The study involved software products and software tools for data processing: MS Access, MS Excel, SPSS, Statistica, the Loginom analytical platform software package.

RESULTS

Visualization of data since 2000 and graphical analysis of price dynamics of the 15-year period from 2008 to the present confirmed the wave movement of prices (Pic. 1). The current state of change in average prices for air tickets shows that the cost of an economy class flight began to decline from 2019 and by the end of 2021 amounted to 5482 rubles (calculated per 1 thousand km of travelled route), so the decrease was of 13 %. The absolute maximum of average prices for air tickets in Russia was observed in 2010 at the level of 6804 rubles. In the following year, there was a sharp drop in prices (by about 38 % compared to the previous year). And in 2011, the minimum extremum of the average ticket price was fixed: 4279 rubles (Pic. 1). In 2022, according to government statistics, the increase in airfare prices may exceed the highs since 2000. Thus, the average cost of a domestic air flight increased by 8–9 % in March and by 16 % in April 2022 and approached 6000 rubles⁵. The trend of growing prices for air transportation until the end of 2022 is likely to continue, which is due to many factors and, first, to the growing systemic problems of the national and global aviation industry.

The dynamics of airfare in dollar terms has other features (Pic. 1). The difference in the directions of growth and decline in price dynamics in the national and world currencies was observed in the period 2013–2017. Analysis of the price dynamics of air tickets in dollar terms is just as

³ SITA: airports urgently need to be digitised to avoid long queues. [Electronic resource]: <http://www.ato.ru/content/sita-aeroporty-nuzhno-srochno-cifrovizirovat-chtoby-izbezhat-mnogochasovyh-ochereyey>. Last accessed 20.09.2022.

⁴ Annual Review 2021. IATA. [Electronic resource]: <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2021.pdf>. Last accessed 20.09.2022.

⁵ Air transportation of passengers in Russia – results of 2021. AviaStat – Analytical agency. [Electronic resource]: <https://www.aviastat.ru/statistics/123-aviaperevozka-passazhirov-v-rossii-itogi-2021-goda>. Last accessed 15.09.2022.



Table 1

Assessment of the seasonal component of average monthly prices in Russia in 2020 with an additive model [developed by the authors]

Assessment	1	2	3	4
1	–	-293,77	-915,10	910,77
2	670,26	-829,50	216,27	769,27
3	121,6	-124,01	–	–
Adjusted value of the seasonal component	278,19	-533,44	-467,06	722,31

important as in the national currency, since 80 % of aircraft of Russian airlines are foreign leasing planes with monthly payments in foreign currency of at least 1 % of the cost of an aircraft. With an increase in the exchange rate, leasing costs, the cost of aviation kerosene, the current costs for airlines of ground handling of aircraft, if these are international flights, grow accordingly, which will inevitably affect the prices of air tickets. Another reason for the need to analyse the price dynamics of air tickets in world convertible currencies is related to the fact that all airlines upload fares in euros or dollars to a specialised global distribution system designed to search, book, and sell air services. And there is another important point: the situation with the official rates of world currencies today is ambiguous.

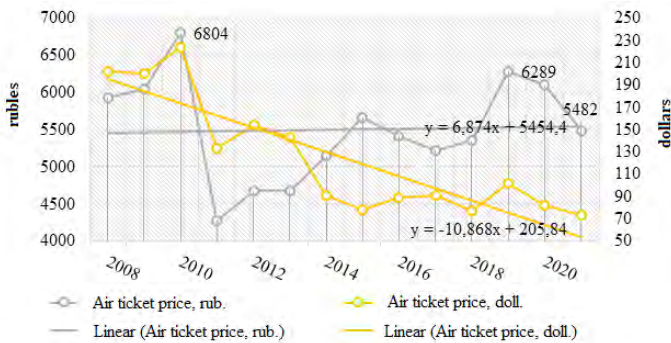
The study of the structure of dynamics, first, focused on identification and analysis of the seasonal component of the dynamics of air ticket prices. Decomposition of time series of average annual and average monthly airfare prices made it possible to calculate the seasonal component. The selection of seasonal components was carried out based on the average monthly price dynamics in Russia for 2020 and 2021 (Pic. 2, Table 1). Also, seasonality analysis was carried out on average monthly prices for popular destinations of domestic air routes from Moscow:

Kazan, Kaliningrad, Novosibirsk, St. Petersburg, Sochi. For international air routes, directions to Istanbul, Paris, Yerevan were chosen. The initial autocorrelation of average monthly price series with a lag of 4 showed that the series have minor trends and periodic fluctuations (seasonality) with a period equal to 4. The calculation of the seasonal component of price dynamics was also carried out using additive and multiplicative models (Tables 1 and 2, Pic. 4).

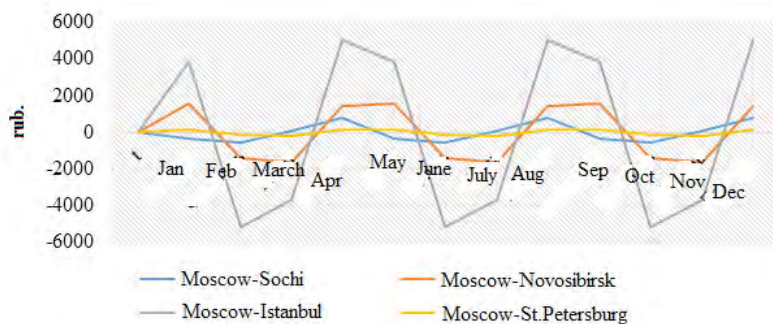
The range of seasonal changes in air ticket prices is between –8,5 % and +12,5 % (Pic. 3).

To predict the seasonal dynamics of air tickets prices, that is, for short-term forecasting, self-tuning adaptive models, which are built on different smoothing options based on a moving average, in which the weights obey the exponential distribution of the levels of a series with discrete shifts (Pic. 4), could be most required and accurate, even under the conditions of rapid changes. For an adaptive model of price forecasting of seasonal price fluctuations, the deviation of the predicted value from the actual value for each month is calculated, which is necessary to adjust the modelled parameter of the time series [12–14].

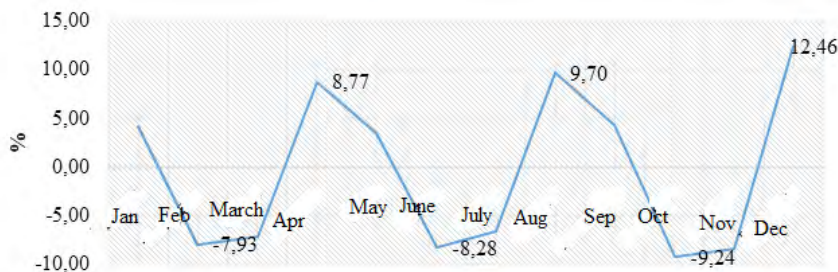
Adaptive models have also been developed for other components of the air ticket price time series. The developed adaptive models of the



Pic. 1. Dynamics of average air ticket prices in Russia. EMISS [developed by the authors based on Rosstat [Federal state statistics service] data]. [Electronic resource]: [https:// fedstat.ru](https://fedstat.ru). Last accessed 15.09.2022.



Pic. 2. Seasonal component of the additive model of average annual price dynamics of air tickets [developed by the authors].



Pic. 3. The amplitude of seasonal fluctuations of price average monthly dynamics [developed by the authors].

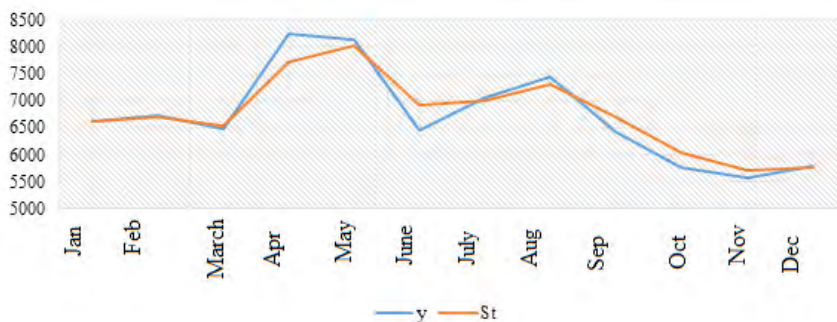
average annual price dynamics of air tickets with the Brown method do not have acceptable accuracy and cannot give accurate forecasts (Pic. 5), since trend and cyclical fluctuations are affected by a large number of different factors that weaken or strengthen the influence in different periods [15]. Accordingly, the level, variation, growth rate, variance and other characteristics of price dynamics are not constant, and therefore it is impossible to tune the model to numerous factors.

The developed additive models of average monthly prices confirmed the presence of a trend and a seasonal component in price dynamics (Pics. 6, 7 and Table 2), and showed also an acceptable level of accuracy, which is important for price forecasting purposes.

The calculated autocorrelation function of the dynamics of average monthly prices showed that

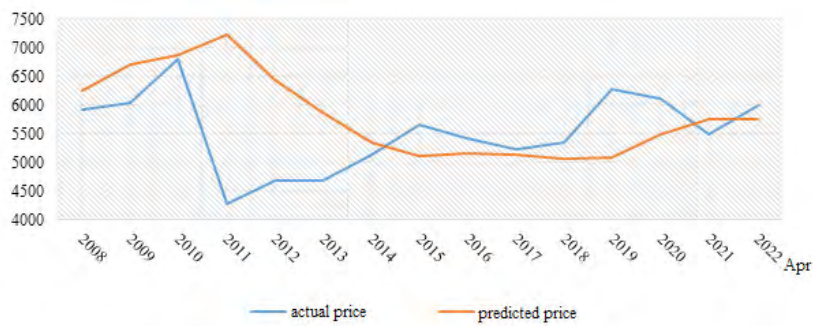
the time series of airfare prices contains a trend in most of the time series close to a linear approximation (Pic. 8). The calculated regression coefficients for the dynamics from 2008 to 2022 have positive (2014–2021) and negative values (2008–2014), which shows multidirectional trends in the time series. To refine the trend component of price dynamics, time series were checked through autocorrelation. With a sufficiently high amplitude of air ticket price fluctuations, it was possible to calculate linear and non-linear regression of the air ticket price dynamics trend in ruble and dollar terms, which showed the difference in the trends of ruble and dollar price fluctuations, as mentioned earlier.

In addition to trend and seasonal components, other cyclical fluctuations are distinguished in price dynamics, their modelling was carried out based on regression analysis. Cyclical changes

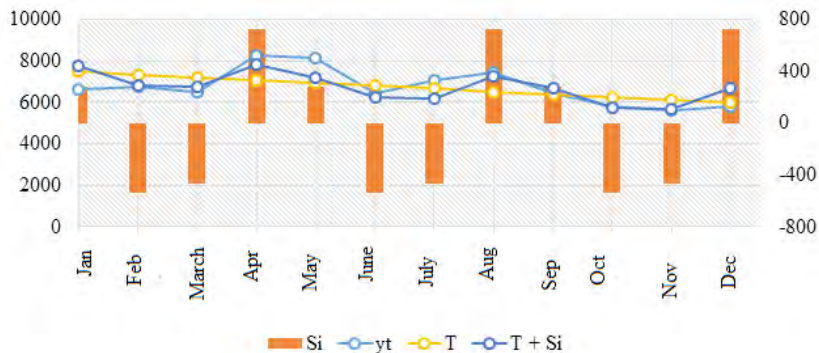


Pic. 4. Adaptive model of predicting the seasonal components of price dynamics [developed by the authors].





Pic. 5. Adaptive model of predicting price dynamics with the Brown method [developed by the authors].



Pic. 6. Additive model of average monthly dynamics of average air ticket price in Russia [developed by the authors].

in the dynamics of prices for air tickets, identified from 2008 to the present, are not sustainable, since for a long period in a planned economy, the price for civil transportation was set without considering macroeconomic and microeconomic patterns, as well as under the influence of global changes in political and economic development. From 2007–2008 several medium-term cycles lasting 4–6 years have been identified (Pic. 9).

The first cycle is highlighted incompletely from the analysed data, starting at a low point in 2008 and ending by 2011 with a record price drop since 2000. The second (2011–2017) and third (2017–2021) cycles are complete and have a duration of 4–5 years. Currently, price movement shows the beginning of a new cycle. Analysing the periods of cycles in the dynamics of prices for air transportation, one can establish in many

Table 2
Structure of air ticket price dynamics in Russia for 2020 [developed by the authors]

Period	Actual value, y	Seasonal component, Si	Difference between actual value and seasonal component, yt	Trend component, T	Trend and seasonal components T + Si	Random
January	6629	278,2	6350,8	7480,3	7758,5	-1129,5
February	6724	-533,4	7257,4	7343,8	6810,4	-86,4
March	6481	-467,1	6948,1	7207,4	6740,3	-259,3
April	8237	722,3	7514,7	7070,9	7793,2	443,8
May	8142	278,2	7863,8	6934,4	7212,6	929,4
June	6445	-533,4	6978,4	6798,0	6264,5	180,5
July	7063	-467,1	7530,1	6661,5	6194,5	868,5
August	7448	722,3	6725,7	6525,1	7247,4	200,6
September	6431	278,2	6152,8	6388,6	6666,8	-235,8
October	5773	-533,4	6306,4	6252,1	5718,7	54,3
November	5586	-467,1	6053,1	6115,7	5648,6	-62,6
December	5798	722,3	5075,7	5979,2	6701,5	-903,5



Pic. 7. Additive model of average monthly dynamics of air ticket price for the Moscow–Sochi route [developed by the authors].

respects the coincidence with the general economic medium-term cycles, but nevertheless, there are time lags of delay or lag in growth and decline rates.

The periodic fluctuations and trends in the dynamics of prices for air tickets are caused by various factors. Cyclical processes in the aviation industry are influenced by strengthening or weakening of competition. Short-term price movements of a seasonal nature are affected by the balance between the demand of the population and the supply of airlines [9; 11; 13]. An analysis of the dynamics of GDP and prices for air transportation showed a unidirectional change in prices and the presence of trends in the time series of prices for air tickets and in the dynamics of the cost volume of GDP, which are close in parameters. Thus, a long upward trend from 2011 to the present is characteristic of the time series of GDP and airfare prices. Some distinctive features compared to GDP dynamics are noted in changes in airfare prices (Pic. 10). Thus, in the period from 2009 to 2011, there was an increase in GDP, and in the dynamics of airfare prices there was a decrease after the growth in 2008–2010, which distorts the trend dynamics of prices

and, accordingly, does not allow calculating linear regression equations for the entire fifteen-year period. The elasticity coefficients of the regression equations for the time series of air ticket prices and the value of GDP, showing the average changes in the resultant attribute with a change in the factor attribute by 1 %, have close values (0,45–0,58).

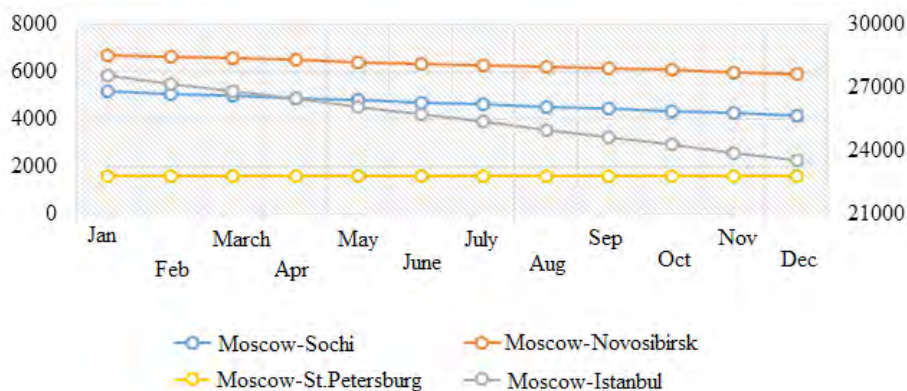
There is also a similarity in direction of trends in the dynamics of airfare, average income, and average salary (Pic. 11).

The correlation analysis carried out with regard to the levels of the time series of the analysed indicators showed sufficient values (Table 3). Checking for the presence of a false correlation of the studied indicators by calculating integration confirmed the validity of the causal relationship between them.

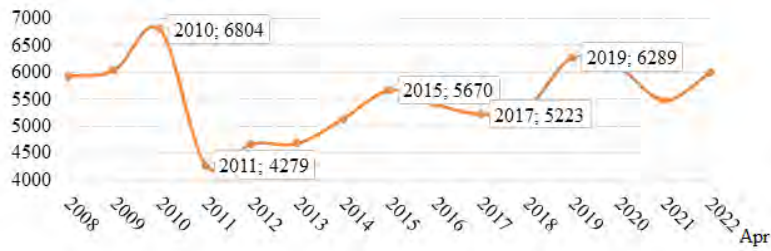
RESULTS

The obtained results of the study of the price dynamics of air transportation over a long period show a complex structure with a trend and periodic components (seasonal and cyclic ones).

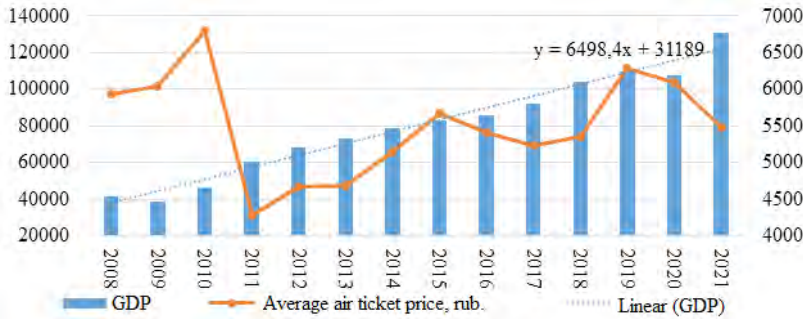
When modelling price dynamics for combined time series, it is required to take into account and



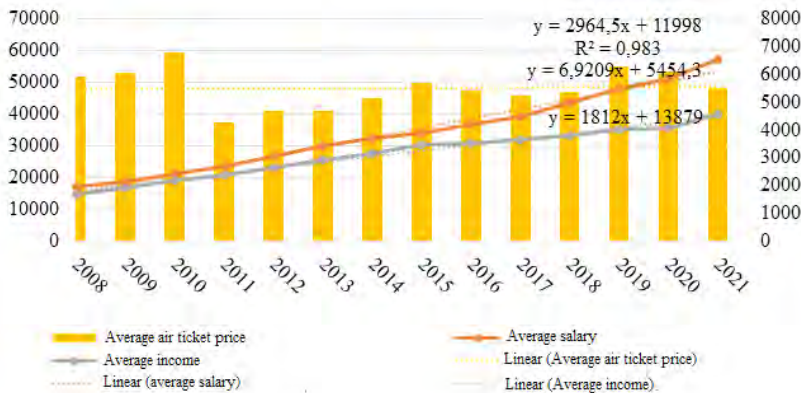
Pic. 8. Trend of the additive model of average annual price dynamics of air tickets in 2022 [developed by the authors].



Pic. 9. Cyclicity in the dynamics of prices for air tickets [developed by the authors].



Pic. 10. Dynamics of GDP and average air ticket prices in Russia [developed by the authors based on Rosstat data]. Report «Social-economic position of Russia». [Electronic resource]: <https://gks.ru>. Last accessed 20.09.2022.



Pic. 11. Dynamics of average air ticket prices, average salary, and income of the population in Russia, EMISS [developed by the authors based on Rosstat data]. [Electronic resource]: <https://fedstat.ru>. Last accessed 15.09.2022.

Table 3

Correlation matrix of time series [developed by the authors]

Correlation coefficient	Coefficient value	Coefficient assessment (correlation feature)
Correlation coefficient: average air ticket price / average salary	0,734	Straight, strong
Correlation coefficient: average air ticket price/average income	0,525	Straight, moderate
Correlation coefficient: average air ticket price/GDP	0,643	Straight, moderate
Correlation coefficient: passenger flow/average income	0,838	Straight, strong
Correlation coefficient: passenger flow/GDP	0,840	Straight, strong
Correlation coefficient: average air ticket price/passenger flow	-0,529	Reverse, moderate

combine all the components of the time series in the forecast.

Calculated regression coefficients for dynamics from 2008 to 2022 have positive (2014–2021) and negative values (2008–2014),

which indicates the presence of multidirectional trends in the levels of the series.

Seasonal fluctuations in air ticket prices change significantly: from minus 8,5 % to plus 12,5 %.

Cyclical changes in the dynamics of prices for air tickets, identified from 2008 to the present, are not sustainable. During a long period of the planned economy, the price of civil transportation was set without taking into account macroeconomic and microeconomic patterns. The cyclical nature of processes in the aviation industry is strongly influenced by the global transformation of political and economic development. From 2007–2008 several medium-term cycles lasting 4–6 years have been identified. The fourth phase (recession) of the new cycle is currently underway.

The adaptive model can become the most reliable for the seasonal component of average monthly prices. Additive and multiplicative models will help predict the average annual price of air transportation.

Further research plans include the development of the ARIMA model using the Foresight analytical platform, the Python programming language and the Statistica software environment.

REFERENCES

1. Alves, U., Caetano, M. Analysis of ticket price in the airline industry from the perspective of operating costs, supply and demand. *Aviation in Focus*, 2016, Vol. 7, No. 2, pp. 21–28. DOI: 10.15448/2179-703x.2016.2.23185 [limited access].
2. Strategic partnership of the EAEU countries in the conditions of polarization of interests of geo-economic regions: Collection of articles [*Strategicheskoe partnerstvo stran EAES v usloviyakh polyarizatsii interesov geoeconomicheskikh regionov: Sb. statei*]. Diplomatic Academy of the Ministry of Foreign Affairs of the Russian Federation; comp. and ed. by A. G. Rybinets. Moscow, Sam poligrafist publ., 2020, 426 p. ISBN 978-5-00166-223-5.
3. Dalalah, D., Khasawneh, M., Khan, S. Pricing and demand management of air tickets using a multiplicative newsvendor model. *Journal of Revenue and Pricing Management*, 2022, Vol. 21, pp. 517–528. DOI: 10.1057/s41272-021-00368-1.
4. Dalalah, D., Ojiako, U., Chipulu, M. Voluntary overbooking in commercial airline reservations. *Journal of Air Transport Management*, 2020, Vol. 86, p. 101835. DOI: 10.1016/j.jairtraman.2020.101835.
5. Kharakoz, Ju. K. Features of the formation of pricing policy in the field of civil aviation. *Ekonomika i predprinimatelstvo*, 2021, Iss. 12 (137), pp. 1112–1115. DOI: 10.34925/EIP.2021.137.12.218 [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=27783> [paid access].
6. Zykova, V. E. Formation of transfer price system between participants of a vertical-integrated company. *Ekonomicheskie otnosheniya*, 2019, Vol. 9, Iss. 1, pp. 405–414. DOI: 10.18334/eo.9.1.40472.
7. Fridlyand, A. A., Kuzmin, A. V. Analysis of cost and pricing dynamics on air transport market in Russia. *Scientific bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil aviation (GosNII GA)*, 2019, Iss. 27, pp. 75–85. [Electronic resource]: <http://gosniiga.ru/wp-content/uploads/2019/08/Nauchnyj-vestnik-GosNII-GA-27.pdf>. Last accessed 28.10.2022.
8. Nikitin, S. D., Milyushenko, O. A. Specificity of pricing of the domestic air transportation services in Russia. In: *Current trends in economics and finance. Proceedings of interuniversity scientific and practical conference of master's students*. Ed. by V. A. Kovalev, A. I. Kovalev, 2019, pp. 89–93. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42527847&ysclid=ld0468ojoh472992477>. Last accessed 28.10.2022.
9. Safronchuk, M. V., Vikulova, D. A. Price discrimination and pricing methods in the passenger air transportation market. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya*, 2019, Vol. 9, Iss. 1, pp. 4–9. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38583803&ysclid=ld047pjrcg652494765>. Last accessed 28.10.2022.
10. Lovyannikova, V. V., Frolova, A. P. Modern pricing trends in the aviation services market [*Sovremennye tendentsii tsenoobrazovaniya na rynke aviauslug*]. *Ekonomika i sotsium*, 2015, Iss. 6–4 (19), pp. 112–114. [Electronic resource]: <https://readera.org/sovremennye-tendencii-tsenoobrazovaniya-na-rynke-aviauslug-140115613>. Last accessed 28.10.2022.
11. Smirnov, O. A., Kharitonov, S. V. The concept of the architecture of the information system for monitoring prices for air tickets [*Kontseptsiya arkhitektury informatsionnoi sistemy monitoring tsen na aviability*]. *Prikladnaya informatika*, 2014, Iss. 5 (53), pp. 135–142. [Electronic resource]: <https://avidreaders.ru/read-book/koncepciya-arhitektury-informacionnoy-sistemy-monitoringa-gen.html?ysclid=ld04cyqnz224924371> [paid access].
12. Kharitonov, S. V., Dik, V. V. Application of linear programming problems in company value management [*Primenenie zadach lineinogo programmirovaniya pri upravlenii stoimostyu kompanii*]. *Prikladnaya informatika*, 2013, Iss. 3 (45), pp. 122–126. [Electronic resource]: <http://www.appliedinformatics.ru/general/upload/articles/p122-126-renamed.pdf>. Last accessed 28.10.2022.
13. Makarova, I. O., Popov, V. I., Efimova, T. V. Analyse des prix et qualite des aliments. *International Journal of the Humanities and Natural Sciences*, 2022, Iss. 7–3 (70), pp. 72–74. DOI: 10.24412/2500-1000-2022-7-3-72-74.
14. Lipatova, I. Yu. Economic and mathematical analysis of the price index in Russia [*Ekonomiko-matematicheskii analiz indeksa tsen v Rossii*]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy*, 2017, Iss. 5–1 (8), pp. 235–237. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29345339>. Last accessed 28.10.2022.
15. Singh, T., Kumari, M. Role of text pre-processing in twitter sentiment analysis. *Procedia Computer Science*, 2016, Vol. 89, pp. 549–554. DOI: 10.1016/j.procs.2016.06.095 ●

Information about the authors:

Sushko, Olga P., Ph.D. (Economics), Associate Professor at the Department of Air Transport Economics and Management of Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia, o.sushko@mstuca.aero.

Koryagin, Nickolay D., Ph.D. (Eng), Professor, Head of the Department of Air Transport Economics and Management of Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia, n.koryagin@mstuca.aero.

Article received 14.10.2022, approved 25.10.2022, accepted 01.11.2022.





AMENDMENTS TO TRAFFIC RULES ON PERSONAL MOBILITY VEHICLES

The Government of the Russian Federation approved the amendments to the Traffic Rules proposed by the Ministry of Transport concerning, among other things, riding electric scooters and hoverboards, as well as new road signs and parking lots. The relevant resolution was signed by Prime Minister Mikhail Mishustin.

Now electric scooters, electric skateboards, hoverboards, segways, monowheels and other similar devices have received a special status of personal mobility vehicles. It is possible to ride them at a speed of no more than 25 km/h. At the same time, the mass of such electric vehicles, which is allowed to move along sidewalks, bicycle, and pedestrian paths, should not exceed 35 kilograms.

The traffic of electric scooters and other personal mobility vehicles will be regulated by special road signs. They concern permission, restriction, or prohibition of movement on such vehicles in certain zones. The decision to install signs will be made by local authorities, depending on the location and availability of road infrastructure.

When both personal mobility vehicles and pedestrians are allowed to move, then pedestrians receive a priority. Drivers of personal mobility vehicles will have to calculate their speed based on this priority. To cross the road at a pedestrian crossing, users of hoverboards, segways and similar devices will need to get off their vehicles.

It is allowed to drive electric scooters of any weight on the right edge of the carriageway. But this can be done by people over 14 years old and where there is no other infrastructure (bike paths, bike lanes, sidewalks, roadsides) and when movement of cyclists is also allowed. The maximum speed is then limited to 60 km/h. A scooter or other device moving on the right edge of the carriageway must have a braking system and white and red lights.

The new status does not apply to ordinary scooters and roller skates. People using them are still treated as pedestrians.

A new government resolution introduced a complete ban on movement, stopping and parking on channelising islands and safety islands. Such a measure should improve visibility on the roads and improve traffic safety.



https://transport.mos.ru/mostrans/all_news/113956

The resolution also approved two new road signs. One of them indicates charging for electric vehicles, and the second informs about the ban on buses. Its appearance is the result of the practice of restricting movement of buses in the host cities of the 2018 FIFA World Cup. However, this sign does not prohibit movement of buses following public transport routes and school buses.

Besides, toll and handicapped parking signs will have a new look. In the first case, the image of coins will be added to the traditional letter P. In the second, a stylised image of a wheelchair user will appear next to this letter. The use of signs in this form was tested during a pilot project that has been conducted since 2017 in Moscow, St. Petersburg, Saratov, Vladimir, Krasnodar, and Voronezh.

Another innovation is visual separation of toll and free parking zones. From now on, toll parking zones will be marked with blue lines, and free parking zones will be marked with white lines. This marking will help motorists to quickly navigate when choosing a parking space.

The adoption of new rules will increase safety of road users, pedestrians, and will save their lives and health.

**Based on the news of the press centre
of the Ministry of Transport of the
Russian Federation:**

**[https://mintrans.gov.ru/press-center/
news/10402](https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10402) ●**



**ROAD TRAFFIC
ACCIDENTS
IN THE ARCTIC
ZONE OF YAKUTIA** **182**

Conclusions of the first ever study of the issue that has revealed prevailing causes and consistent patterns of the road accidents.



HOSPITAL SHIPS **192**

International law governing hospital ships: concepts, practices, obligations.

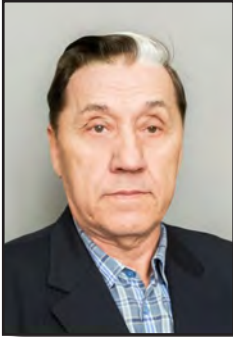


SAFETY AND SUSTAINABILITY





Road Safety in the Arctic Zone of the Russian Federation



Alexander M. ISHKOV



Anna E. IVANOVA



Anatoly L. BOYARSHINOV



Nadezhda A. FILIPPOVA

*Alexander M. Ishkov¹, Anna E. Ivanova²,
Anatoly L. Boyarshinov³, Nadezhda A. Filippova⁴*

^{1, 2, 3, 4} North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia.

² Yakutsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Yakutsk, Russia.

³ Academy of Sciences of the Republic of Yakutia (Sakha), Yakutsk, Russia.

⁴ Moscow Automobile and Highway State Technical University, Moscow, Russia; North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia.

✉ ⁴ umen@bk.ru.

ABSTRACT

The article deals with the issue of road safety in the Arctic zone of the Russian Federation.

The analysis of road traffic accidents over the past 10 years that occurred in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) was carried out for the first time ever. The study refers to the total number of road traffic accidents, accidents due to the fault of pedestrians, accidents due to the unsatisfied condition of streets and roads, accidents involving children under 16 years of age, accidents involving drivers with signs of alcohol intoxication and accidents committed by drivers without the right to drive vehicles. Based on the data obtained, a coefficient K was proposed that characterises the state of road

safety in the Arctic regions in comparison with traffic safety in general in the Republic of Sakha (Yakutia).

The analysis of road traffic accident statistics has shown that many accidents are the fault of drivers without a driver's license and revealed the districts with respectively the highest and lowest number of accidents as per their types listed above.

Despite the huge territory and the small number of inhabitants, and consequently the low population density, the number of accidents in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) has been increasing every year necessitating efforts to improve road safety.

Keywords: Arctic zone, road traffic safety, road traffic accident, motor vehicle, road component, road condition, seasonal roads.

For citation: 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. 182–191. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-8>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) (RS (Ya)) includes districts (uluses), most of which are located north of the Arctic Circle. It includes 13 administrative entities (Abyisky, Allaikhovsky, Anabarsky, Bulunsky, Verkhoyansky, Zhigansky, Momsky, Nizhnekolymsky, Olenyoksky, Srednekolymsky, Ust-Yansky, Eveno-Bytantaisky districts), and is the most numerous zone in terms of the number of districts¹. The area occupied by the Arctic zone is about 1,583,000 square kilometres, which makes 50 % of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia), the rural population predominates in this zone. It should be noted that until 2020 the Arctic zone of RS (Ya) had consisted of only five administrative entities.

Table 1 shows data on the territory, population and road network of the Arctic zone of RS (Ya).

According to the data shown in Table 1, it can be seen that the above districts are very different in territory, population and length of roads. On average, about 93 % of the roads in the Arctic zone of RS (Ya) are seasonal roads.

¹ Decree of the Head of the Republic of Sakha (Yakutia) dated April 29, 2022 No. 2424 «On the scheme and program for the development of the electric power industry of the Republic of Sakha (Yakutia) for 2022–2026». [Electronic resource]: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/1400202205040007>. Last accessed 24.10.2022.

If the average population density for the Arctic zone of RS (Ya) is 0,04 people/km², then these figures differ for each district (Abyisky – 0,06 people/km², Allaikhovsky – 0,03 people/km², Anabarsky – 0,07 people/km², Bulunsky – 0,04 people/km², Verkhnekolymsky – 0,1 people/km², Verkhoyansky – 0,08 people/km², Zhigansky – 0,03 people/km², Momsky – 0,04 people/km², Nizhnekolymsky – 0,05 people/km², Olenyoksky – 0,01 people/km², Srednekolymsky – 0,06 people/km², Ust-Yansky – 0,06 people/km², Eveno-Bytantaisky – 0,05 people/km²).

Because of low population density and vast territory, due attention has not been given to the issue of road safety.

Therefore, the *objective* of the study the results of which are described in the article was to analyse road traffic accidents (hereinafter RTA) that have occurred in the Arctic zone of RS (Ya) over the past ten years.

The following data were analysed:

- Total number of RTA.
- RTA caused by pedestrians.
- RTA due to the unsatisfactory condition of streets and roads.
- RTA involving children under 16.
- RTA involving drivers with signs of alcohol intoxication.
- RTA committed by drivers without the right to drive vehicles.

Table 1
Information on the roads of the Arctic regions of the Republic of Sakha (Yakutia)²
[compiled by the authors]

No.	District number	Territory, km ²	Population, people	Length of roads, km			Seasonal roads, km	
				total	regional	local	total	ice
1	1	69 400	3 979	811,13	810,63	0,5	807,03	516,9
2	2	107 300	2 723	1060,2	219,12	841,1	1060,2	577,16
3	3	55 600	3 614	315,42	315,42	10	7,22	308,2
4	4	223 600	8 406	2164	213,23	1951	2155,92	1812,19
5	5	42 000	4 026	449,75	354,75	95	389,11	11,71
6	6	137 400	11 155	1965,76	1114,96	850,8	1766,27	471,77
7	7	140 200	4 187	389,68	295,68	94	383,65	0,67
8	8	104 600	3 933	1147,05	667,05	480	1126,03	242,96
9	9	87 100	4 311	642,29	519,79	122,5	634,79	449,23
10	10	318 000	4 154	1128,65	678,65	450	1128,65	364,47
11	11	125 200	7 449	1132,24	712,24	420	1114,34	172,73
12	12	120 300	7 015	1649,04	1136,54	512,5	1419,53	625,79
13	13	52 300	2 839	472,75	88,75	384	449,09	388,15
	Total	1 583 000	67 791	13 327,96	7 126,91	6 211,4	12 441,83	5 941,93

Note: 1 – Abyisky district, 2 – Allaikhovsky district, 3 – Anabarsky district, 4 – Bulunsky district, 5 – Verkhnekolymsky district, 6 – Verkhoyansky district, 7 – Zhigansky district, 8 – Momsky district, 9 – Nizhnekolymsky district, 10 – Olenyoksky district, 11 – Srednekolymsky district, 12 – Ust-Yansky district, 13 – Eveno-Bytantaisky district.

² Official information website of the Republic of Sakha (Yakutia). [Electronic resource]: <https://www.sakha.gov.ru/o-respublike-saha-kutiya-atu>. Last accessed 24.10.2022.



Table 2

RTA in the Arctic districts of RS (Ya)³ [compiled by the authors]

No.	District number	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Total													
		RTA	k*	i*	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i									
1	1	1	0	2	0	0	0	1	0	1	2	0	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	8	0	9									
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	1	4									
3	3	2	0	2	1	0	1	1	0	1	3	0	3	2	0	4	1	0	2	2	0	8	2	0	3	0	20	0	26								
4	4	3	1	6	4	0	5	1	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	12	4	15									
5	5	1	1	1	1	0	1	0	0	4	0	4	1	0	1	0	0	2	1	0	1	2	0	2	1	0	15	3	14								
6	6	4	1	9	6	1	7	4	0	5	6	2	8	7	1	6	4	1	7	2	0	2	4	1	4	5	1	4	1	45	8	54					
7	7	0	0	0	3	0	3	1	0	2	2	0	3	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	10	0	12							
8	8	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	3	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	10	1	11								
9	9	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	3									
10	10	2	0	3	5	0	9	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	2	0	2	3	0	4	2	1	3	0	18	3	22			
11	11	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	1	1	0	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	9							
12	12	4	0	6	5	0	5	2	0	2	2	0	2	3	0	4	1	0	1	4	5	5	1	4	1	0	1	1	0	4	0	28	5	34			
13	13	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2								
Total		19	3	31	28	2	35	11	2	13	24	4	29	19	1	21	14	4	14	12	5	12	20	2	19	20	1	23	10	1	14	6	2	4	183	27	215

* Note: k-killed, i-injured.

³ Official website of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. [Electronic resource]: <http://stat.gibdd.ru>. Last accessed 24.10.2022.

MATERIALS AND METHODS

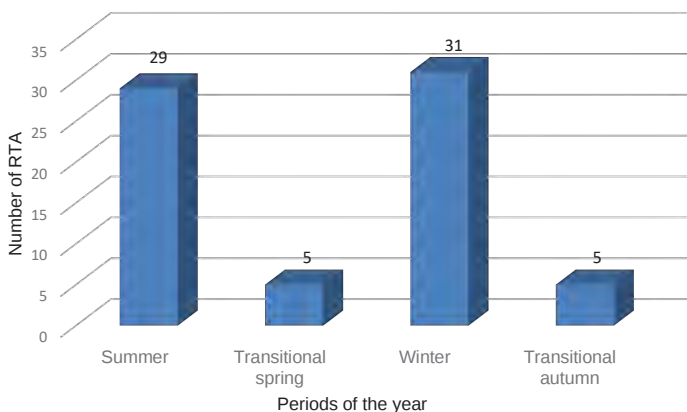
The fleet of vehicles in the Arctic districts for 2021 consisted of 5003 cars, 3184 trucks, 207 buses and 67 motorcycles². Given the number of people living in this territory (67,791 people) and the total number of vehicles, we can conclude that there are a small number of motorists. Only 8 % of the population owns vehicles. And yet, RTA still happen. Detailed data are presented in Table 2.

Table 2 provides information about the accident rate in the Arctic zone of RS (Ya) and shows that the total number of RTA during the observation period was 183 cases, while 27 victims and 215 people injured. The worst statistics was in 2012 (28 RTA). A sharp increase in the number of accidents can be seen since 2018, but in 2020, due to introduction of restrictive measures on mobility due to pandemics, the number of accidents has halved. Based on the results of the analysis of the number of RTA in the Arctic districts of RS (Ya) for the period from 2011 to 2021, it can be seen that the largest number of accidents occurred in Verkhoyansky district (45 RTA, 8 persons died, 54 injured), and the minimum is characteristic of Nizhnekolymsky and Eveno-Bytantaisky districts (with two RTA for each of them).

It should be noted that Table 2 is based on officially recorded RTA. The real picture may turn out to be quite different, as many RTA participants decide not to report them, agreeing to solve the problem on their own.

Tables 1 and 2 show that the higher is the population, the more RTA occur. Verkhoyansky district has the largest number of accidents and the largest population. The lowest rates are in Nizhnekolymsky district, where there were only two RTA per 4,311 people during ten years.

6 % of the population of the Arctic zone of RS (Ya) live in Abyisky district, and over the past ten years, 4 % of the total number of RTA that occurred in the Arctic zone of RS (YA) have occurred on its territory. 4 % of the population live in Allaikhovsky district, 2 % of RTA occurred. 5 % of the population live in Anabarsky district, 11 % of RTA occurred. 12 % of the population live in Bulunsky district, 7 % of RTA occurred. 6 % of the population live in Verkhnekolymsky district, 8 % of RTA occurred. 16 % of the population



Pic. 1. Number of RTA depending on the ambient temperature [performed by the authors].

live in Verkhoyansky district, 25 % of RTA occurred. 6 % of the population live in Zhigansky district, 5 % of RTA occurred. 6 % of the population live in Minsky district, 5 % of RTA occurred. 6 % of the population live in Nizhnekolymsky district, 1 % of RTA occurred. 6 % of the population live in Olenyoksky district, 10 % of RTA occurred. 11 % of the population live in Srednekolymsky district, 5 % of RTA occurred. 10 % of the population live in Ust-Yansky district, 15 % of RTA occurred. 4 % of the population live in Eveno-Bytantaisky district, 1 % of accidents occurred.

Reducing the number of accidents is not an easy task. On the contrary, the last few years have shown the increase. This may be due to the aging of both the fleet and the drivers, and to the uncontrolled growth of motorisation of the population. Despite the seemingly small number of RTA that have occurred in the Arctic zone of RS (Ya) over ten years, it is necessary to minimise their number or, ideally, reduce it to zero.

The authors of the article propose the coefficient «K», which characterises the state of road safety in the Arctic regions in comparison with traffic safety in general in RS (Ya).

$$K = A/B, \quad (1)$$

where K – characteristic coefficient;

A – number of road traffic accidents;

B – number of population.

As a result of the calculation the following was obtained:

K1 = 0,0026 for Arctic districts;

K2 = 0,0093 for the Republic of Sakha (Yakutia).

That is, the coefficient K1 is four times lower than K2, while the population of the Arctic regions is 14 times less than the entire population

of the Republic of Sakha (Yakutia). It follows from this that special attention should be paid to the problem of road safety in the Arctic districts.

RESULTS

One of the priority tasks in development of the Arctic region should be to ensure road safety [1–4]. Most attention is paid to road safety in large settlements, but in remote, small settlements, RTA still occur.

More than a third of the length of all roads in Yakutia are located in the Arctic zone (13,327,96 km). Many settlements of the Arctic zone of RS (Ya) are cut off from the main road network for most of the year, that is, there is no land transportation in autumn, spring and summer.

Pic. 1 considers the total number of RTA depending on the season. If in the usual understanding each period of the year consists of three months, then the following division is applicable for the Arctic zone of RS (Ya):

- Summer period: May, June, July, August.

- Winter period: January, February, March, October, November, December.

- Transitional period: April, September [5].

Pic. 1 shows that the number of RTA that occurred in the summer period is approximately equal to the number of accidents that occurred in the winter period, but here it should be considered that the summer period is only four months long, and the winter period is six month long. That is, relatively, the largest number of accidents occurs in the summer. During the transitional periods, in April and September, the number of accidents is equally low.

Many motorists of the republic prefer to use vehicles during the warm season, and to «freeze» them in winter. The operation of vehicles in



Table 3

RTA caused by pedestrians [compiled by the authors]³

No.	District number	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Total			
		RTA	k*	i*	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	p	i	
1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3	0	4	
4	4	1	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	5	
5	5	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	
6	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	3	
7	7	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	4	
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	10	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	
11	11	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	4	1	4	5	0	7	1	0	1	3	0	3	1	0	1	2	0	2	1	1	0	1	2	0	3	2	24
																										26	

* Note: k-killed, i-injured.

Table 4

RTA caused by unsatisfactory condition of streets and roads [compiled by the authors]³

No.	District number	2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Total					
		RTA	k*	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i		
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	0	2		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	2	0	3		
3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		
4	4	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	0	0	
5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	4	0	4		
6	6	2	1	6	2	1	2	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	9	3	12	
7	7	0	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	5	0	6	
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3	1	2	
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	0	
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total	3	1	7	4	1	4	0	3	0	4	3	5	1	4	4	1	4	4	1	3	4	1	4	1	0	1	32	6	35

* Note: k-killed, i-injured.

winter involves large financial costs. Fuel consumption increases several times, there is the need for additional winterisation of the engine and car interior, for the purchase of an additional set of winter tires and oil change [6; 7].

Table 3 shows data on RTA caused by pedestrians. The main cause of such accidents is crossing the road in the wrong place.

When analysing Table 3, it can be seen that pedestrians are responsible for 13 % of the total number of all RTA, with 7,4 % of fatalities and 12,1 % of injured as compared to the total number of RTA. The largest number of RTA due to the fault of pedestrians occurred in 2012 (five RTA), seven people were injured. It should be noted that such RTA have not occurred in Momsy, Nizhnekolymsky and Eveno-Bytantaisky districts.

Road conditions have a great impact on safety, and in general on efficient operation of road transport to ensure prompt and reliable delivery of goods to the regions of the Far North and the Arctic zone of Russia [5; 8]. Regardless of the condition of the driver himself and his vehicle, RTA can occur due to bad condition of roads and streets. Given the remoteness of the municipalities included in the Arctic zones of RS (Ya), the roads and streets there are unpaved. Also, a large part of road infrastructure consists of winter roads (seasonal and ice roads) and based on the characteristics of natural and climatic conditions, it is problematic to predict the location and the state of winter roads. Table 4 contains information on the number of RTA that occurred due to the unsatisfactory condition of roads and streets.

As can be seen from Table 4, 17,5 % of RTA are due to the poor condition of the roadway, these RTA caused 22 % of fatalities and 15,3 % of injuries as compared to the total number of RTA. The largest number of accidents that occurred due to the poor condition of streets and roads was in 2016 (five RTA), when four people were injured and one person died. In Nizhnekolymsky, Srednekolymsky and Eveno-Bytantaisky districts, such accidents have not occurred. Also in 2013, not a single RTA was recorded in all 13 districts due to the poor condition of roads and streets, and in 2020 and 2021, only one accident occurred during a year.

Table 5 shows data on road accidents involving children aged under 16. At risk are children-passengers, children-pedestrians, children-drivers of mechanical vehicles, children-

cyclists, as well as children who can get into an accident due to their own negligence. To avoid such accidents, it is necessary to make children teach traffic safety rules. Very often, many parents neglect simple rules for transporting children, such as fixing a seat belt or using special restraints (car seat, seat belt adapter, etc.). Compliance with these simple rules would help reduce the number of fatalities or severity of the consequences of RTA.

As can be seen from Table 5, of the total number of RTA, 16,5 % involved children and resulted in 7,4 % died and 15,3 %. The largest number of RTA involving children under 16 years old was in 2011 and 2014 (five RTA), in which five people were injured and one person died in 2011. The minimum number, that is, the absence of such RTA, was recorded in 2021. There have been no such RTA in Allaikhovsky, Nizhnekolymsky and Eveno-Bytantaisky districts. Attaining zero child injuries is one of the most urgent tasks of social development of Russian society [9; 10].

According to statistics in Russia, almost every twentieth RTA occurs due to the fault of drivers who were in the state of alcohol intoxication. At the same time, severity of consequences of such incidents is much higher. Drivers in the state of alcohol intoxication cease to adequately assess the situation and their own capabilities and often exceed the speed limit, do not respect the necessary distance between vehicles, and drive into the oncoming lane. Data on the number of accidents involving drivers with signs of alcohol intoxication are presented in Table 6.

Table 6 shows that more than 18 % of RTA occurred due to the fault of drivers who were in the state of alcohol intoxication and caused 18,5 % of victims and 18,6 % of injured as compared to the total number of RTA. The largest number of RTA involving drivers with signs of alcohol intoxication was in 2014 (seven RTA), with eight people injured and one person died. The minimum number, that is, the absence of such RTA, was recorded in 2016. There have been no such RTA in Allaikhovsky, Nizhnekolymsky, Srednekolymsky and Eveno-Bytantaisky districts.

Due to the lack of proper control by the executive authorities, many residents of remote settlements, feeling their impunity, decide to drive a vehicle without a driver's license, which leads to a high probability of RTA. Table 7



Table 5

RTA involving children under 16 years old [compiled by the authors]³

No.	District number	2011 RTA	2011 k*	2012 RTA	2012 k	2013 RTA	2013 k	2014 RTA	2014 k	2015 RTA	2015 k	2016 RTA	2016 k	2017 RTA	2017 k	2018 RTA	2018 k	2019 RTA	2019 k	2020 RTA	2020 k	2021 RTA	2021 k	Total RTA	Total k
1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	1	0	2	0	8
4	4	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	4
5	5	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	4
6	6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	5
7	7	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
8	8	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	10	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
11	11	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
12	12	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		5	1	5	3	0	3	1	1	5	0	5	4	0	4	1	1	2	0	3	4	0	5	0	30

* Note: k-killed, i-injured.

Table 6

RTA with participation of drivers with intoxication signs
[compiled by the authors]³

No.	District number	2011 RTA	k*	i*	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Total					
					RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k	i	RTA	k
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0	3		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	3	0	0	0	3	0	4		
4	4	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	4	2	6		
5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	5	1	5		
6	6	1	0	1	0	0	0	0	0	2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	1	5	
7	7	0	0	0	3	1	0	0	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	8		
8	8	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0		
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10	10	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	0	0	4	1	4		
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4		
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Total		5	1	8	3	0	3	3	0	4	7	1	8	3	0	3	0	3	0	4	0	6	1	1	3	2	1	33	5	40

* Note: k-killed, i-injured.

Table 7

RTA committed by drivers without the right to drive vehicles
[compiled by the authors]³

No.	District number	2011 RTA	i*	2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		Total				
				RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	RTA	k	i	k	i
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2		
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	2		
3	3	0	0	0	0	1	0	1	2	0	0	1	0	1	1	0	0	5	0	7	2	0	0	0	12	0	15	
4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	3	1	2	
5	5	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	7	1	6	
6	6	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	2	0	2	2	0	3	1	3	1	2	0	0	0	14	2	13	
7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
8	8	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	
9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	10	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	2	0	4	1	4	
11	11	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	5	0	5
12	12	0	0	0	0	0	0	2	0	2	2	0	0	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	7	1	9	
13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Total		0	0	0	0	0	2	7	1	6	11	7	1	6	5	8	7	12	1	14	5	0	3	2	1	59	7	61

* Note: k-killed, i-injured.

presents statistics on the number of accidents committed by drivers without the driver's license.

Table 7 shows that drivers who drove a car without the license have committed 32,2 % of the total number of accidents, and due to those RTA 25,9 % persons died and 28,4 % were injured out of the total number of RTA victims. The largest number of such accidents was in 2019 (12 accidents), in which 14 people were injured and one person died. The minimum number, that is, the absence of such RTA, was recorded in 2011 and 2012. There have been no such accidents in Nizhnekolymsky and Eveno-Bytantaisky districts.

After analysing Tables 2–7, it can be seen that out of the considered causes of the occurrence of RTA, the biggest number of RTA is associated with RTA committed by drivers without the license. Over the past two years, the number of such accidents has been low, but this may be due to introduction of restrictive measures due to the coronavirus pandemic. If the annual rate of RTA due to other causes does not exceed five, in rare cases attaining the figures of 6–7, then the annual indicators for the number of accidents involving drivers without license reached a maximum of 12 accidents in 2019 and 11 accidents in 2015. During the period under review, from 2011 to 2021, 12 and 14 such accidents occurred in Anabarsky and Verkhoyansky districts. The largest number of people injured in RTA, 15 and 13, respectively, were recorded in those districts.

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

This article considers the issue of road safety in the Arctic zone of the RS (Ya). Based on statistical data, the total number of RTA that occurred in the Arctic zone of RS (Ya) for the period from 2011 to 2021 and the following data were analysed:

- Total number of RTA.
- RTA caused by pedestrians.
- RTA caused by unsatisfactory condition of streets and roads.
- RTA involving children under 16 years old.
- RTA involving drivers with signs of alcohol intoxication.
- RTA caused by drivers without the driver's license.



This is the first time such an analysis has been carried out for this territory.

It can be noted that in some of the considered districts the number of RTA due to various causes of their occurrence is minimal, or equal to zero. This can be explained by the difference in population, territory, and length of roads in the above 13 districts that are part of the Arctic zone. For example, in terms of the total number of RTA, Verkhoyansky district has the highest rate. Of these districts, it has one of the maximum values for the territory (137,400 km²), the maximum population (11,155 people) and the largest length of roads (1965,76 km). Districts in which, due to any cause, the occurrence of RTA, for all ten years not a single accident has been recorded, have a population of just over two thousand people.

The configuration of the road network varies significantly depending on the time of the year. During the summer period, only hard-surfaced roads function, and most of the territory of the Republic is inaccessible to road transport.

With the help of the analysed data, recommendations can be made to improve road safety⁴. The main factors that affect the accident rate are unpreparedness of drivers and poor development of intelligent transport systems [3; 4; 11–25].

The following indicators can be distinguished to improve road safety in the Arctic zone of RS (Ya):

- Respect of traffic rules.
- Creation of a system of information influence on the population to advocate and popularise a negative attitude towards road traffic offenders.
- Improving driving culture.
- Increased requirements for driver training when obtaining driver's license and requirements for driving schools providing such training.
- Introduction of modern intelligent transport systems.

For further analysis, it is possible to single out settlements in which accidents occurred, season, day of the week and time of day. It is also possible to consider additionally the types and causes of RTA. Such an analysis will allow a more detailed study of the problem of RTA and ways to solve it.

⁴ A/68/970 – Report of the Open Working Group on Sustainable Development Goals. [Electronic resource]: https://digitalibrary.un.org/record/778970/files/A_68_970-EN.pdf. Last accessed 24.10.2022.

REFERENCES

1. Kuryanova, O. E. Improving road safety by improving the system of training drivers of vehicles [*Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya metodami sovershenstvovaniya sistemy podgotovki voditelej transportnyh sredstv*]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2014, Iss. 6, pp. 12–16. [Electronic resource]: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=PRSV-apre/2014/6-792419469> [access restricted for subscribers only].
2. Rybin, A. L. Analysis of RTA in the system «Man–vehicle–road» [*Analiz DTP v sisteme «Chelovek–transportnoe sredstvo–doroga»*]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2011, Iss. 9, pp. 16–19.
3. Boyarshinov, A. L., Ishkov, A. M., Reshetnikov, A. P. Features of indicators and causes of accidents on the roads in the conditions of the North [*Osobennosti pokazatelej i prichin avarijnosti na dorogah v usloviyah Severa*]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2014, Iss. 12, pp. 13–16. [Electronic resource]: <https://bik.sfu-kras.ru/elib/view?id=PRSV-apre/2014/12-454637646> [access restricted for subscribers only].
4. Tefft, B. C. Motor Vehicle Crashes, Injuries, and Deaths in Relation to Driver Age: United States, 1995–2010. AAA Foundation for Traffic Safety, 2012. [Electronic resource]: <https://aaafoundation.org/wp-content/uploads/2018/01/OlderDriverRiskReport.pdf>. Last accessed 24.10.2022.
5. Filippova, N. A., Vlasov, V. M., Bogumil, V. N. Ensuring prompt and reliable delivery of goods to the regions of the Far North and the Arctic zone of Russia: Monograph [*Obespechenie operativnoj i nadezhnoj dostavki gruzov v rajony Krajnego Severa i Arkticheskoy zony Rossii: Monografija*]. Moscow, Tehpoligrafcentr publ., 2019, 224 p. ISBN 978-5-94385-170-4.
6. Iovleva, E. L., Filippova, N. A. Problems of operation of diesel vehicles in extremely low temperatures [*Problemy ekspluatatsii dizelnykh avtomobilei v ekstremalno nizkikh temperaturakh*]. In: *Infocommunication and intelligent technologies in transport/Collection of international scientific and practical conference. Proceedings of international scientific-practical conference*, 2022, pp. 150–153.
7. Kirikova, N. V., Filippova, N. A. Analysis of the problems of traffic organization and ways to solve them on the example of the street-road network of Yakutsk [*Analiz problem organizatsii dorozhnogo dvizheniya i puti ih resheniya na primere UDS g. Yakutsk*]. In: *Infocommunication and intelligent technologies in transport/Collection of international scientific and practical conference. Proceedings of international scientific-practical conference*, 2022, pp. 57–64.
8. Kulikov, A. V., Firsova, S. Yu., Dorokhina, V. S. Improving efficiency of car transportation in extreme North conditions in Russian Federation. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*, 2021, Vol. 18, Iss. 3 (79), pp. 286–305. DOI: 10.26518/2071-7296-2021-18-3-286-305.
9. Taranenko, I. S. Development of a methodology based on social and technical sciences that ensures achievement of zero values of socio-economic losses associated with childhood injuries of schoolchildren in a smart metropolis [*Razrabotka metodiki na baze social'nyh i tekhnicheskikh nauk, obespechivajushhej dostizhenie nulevykh znachenij social'no-ekonomicheskikh poter', svyazannyh s detskim travmatizmom shkol'nikov, v umnom megapolise*]. *Konkurs Nauchno-issledovatel'skikh rabot studentov Volgogradskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2021, pp. 134–135. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46376637>. Last accessed 24.10.2022.
10. Taranenko, I. S. Effective training of preschool and school children in the rules of safe behavior on the roads with the help of training grounds, information technology and

public events dedicated to traffic safety [Effektivnoe obuchenie detej doskol' nogo i shkol' nogo vozrasta pravilam bezopasnogo povedenija na dorogah s pomoshh'ju uchebnykh poligonov, informacionnykh tehnologij i massovykh meroprijatij, posvjashhennykh BDD]. In: *Contest of research works of the students of Volgograd state technical university*, 2020, pp. 144–145. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43833720>. Last accessed 24.10.2022.

11. Dorokhin, S., Likhachev, D., Artemov, A., Sevostyanov, A., Kulikov, A., Novikov, A. The Dynamic Traffic Modelling System. *International Scientific Siberian Transport Forum Transsiberia-2021. Part of the Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS)*, 2022, Vol. 402, pp. 1586–1594. [Electronic resource]: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-96380-4_175 [access restricted for subscribers only].

12. Ishkov, A. M., Boyarshinov, A. L., Reshetnikov, A. P. Statistical analysis of road safety (on the example of Yakutsk). In: *Transport. Economy. Social sphere (Actual problems and their solutions/Collection of articles of V International scientific-practical conference)*, 2018, pp. 26–31. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35164956>. Last accessed 24.10.2022.

13. Ivanova, A. E., Filippov, D. V. Creation background of the Yakutsk city intelligent transport system. *Amazonia Investiga*, 2019, Vol. 8, No. 23, pp. 419–430. [Electronic resource]: <https://amazoniainvestiga.info/index.php/amazonia/article/view/886/827>. Last accessed 24.10.2022.

14. Ivanova, A. E. Development of an intelligent transport system layout for the city of Yakutsk, the Republic of Sakha (Yakutia) [Razrabotka shemy raspolozhenija intellektual'noj transportnoj sistemy dlja goroda Jakutsk, Respublika Saha (Jakutija)]. *BST: Byulleten' stroitel'noi tekhniki*, 2019, Iss. 11 (1023), pp. 15–17.

15. Ishkov, A. M., Reshetnikov, A. P., Boyarshinov, A. L. Operational reliability of transport, its influence on road accidents in the conditions of the North [Ekspluatatsionnaja nadezhnost' transporta, vlijanie ee na DTP v usloviyah Severa]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, Vol. 21, Iss. 7 (126), pp. 164–170. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-7-163-169.

16. Evtukov, S. S., Golov, E. V., Kolomeets, A. A. The role of a human factor at formation of the traffic accident. *Transportnoe delo Rossii*, 2019, Iss. 2, pp. 196–199. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37634998>. Last accessed 24.10.2022.

17. Dobromirov, V. N., Evtukov, S. S., Golov, E. V. Organization of safe traffic at pedestrian crossings. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2017, Iss. 6, pp. 265–270. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-6-265-270.

18. Evtukov, S. A., Evtukov, S. S., Chudakov, A. V. Determining the location of an accident when a vehicle

collides with a pedestrian, taking into account the pace of the pedestrian [Opredelenie mesta DTP pri naезде transportnogo sredstva na peshekhoda s uchetom tempa dvizheniya peshekhoda]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2018, Iss. 4, pp. 175–180. DOI: 10.23968/1999-5571-2018-15-4-175-180.

19. Terentiev, A. V., Efimenko, D. B., Karelina, M. Yu. Methods of zoning of motor transport processes' optimization. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2017, Iss. 6 (65), pp. 291–294. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32471132>. Last accessed 24.10.2022.

20. Filippova, N. A., Ivanova, A. E. Prospects for development of transport infrastructure in the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) [Perspektivy razvitiya transportnoj infrastruktury v Arkticheskoy zone Respubliki Saha (Jakutija)]. In: *Infocommunication and intelligent technologies in transport/Collection of international scientific and practical conference. Proceedings of international scientific-practical conference*, 2022, pp. 195–198.

21. Filippova, N. A., Evtukov, S. S., Karelina, E. A., Efimov, R. A., Arifulin, I. V., Ivanova, A. E. Making Management Decisions in the Digital Environment for Ensuring the Safe Process of Passenger and Cargo Transportation in the Northern Regions of Russia: Monograph [Prinyatie upravlencheskikh reshenij v cifrovoj srede obespechenija bezopasnogo processa perevozki passazhirov i gruzov v severnykh regionah Rossii: Monografija]. SPb., Petropolis publ., 2019, 88 p. ISBN 978-5-9676-1047-9.

22. Gorbunov, K. S., Kovalenko, N. A., Efimov, R. A., Borodin, A. A. Methodical approach to the formalized forming technical reports in the investigation of train traffic safety violations. *Nauka i tekhnologii zheleznykh dorog*, 2019, Vol. 3, Iss. 4 (12), pp. 75–82. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41525936>. Last accessed 24.10.2022.

23. Dobromirov, V. N., Evtukov, S. S., Golov, E. V. Modern technologies of the primary inspection of the road accident place. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2017, Iss. 2, pp. 232–239. DOI: 10.23968/1999-5571-2017-14-2-232-239.

24. Evtukov, S. S., Dobromirov, V. N., Kurakina, E. V. Improving safety assessment methods of traffic on high-speed roads. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 2017, Iss. 1, pp. 94–100. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28875291> [access restricted for subscribers only].

25. Evtukov, S. S., Golov, E. V. Audit of road safety on highways of regional importance in Leningrad region. *Transport Urala*, 2017, Iss. 2, pp. 85–89. [Electronic resource]: <https://www.usurt.ru/download-document/8631>. Last accessed 24.10.2022.

Information about the authors:

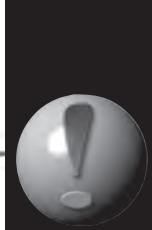
Ishkov, Alexander M., D.Sc. (Eng), Professor, Head of the Department of North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov; Head of the Division of Rhythmology and Ergonomics of Northern Machinery of Yakutia Science Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences; member of the Yakutia Academy of Sciences, Yakutsk, Russia, ishkovalexander81@gmail.com.
Ivanova, Anna E., Senior Lecturer at North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia, anypapro@mail.ru.

Boyarshinov, Anatoly L., Ph.D. (Eng), Associate Professor at North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia, boyarshinov52@mail.ru.

Filippova, Nadezhda A., D.Sc. (Eng), Professor at Moscow Automobile and Highway State Technical University, Moscow, Russia; Professor at North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov, Yakutsk, Russia, umen@bk.ru.

Article received 24.10.2022, approved 11.11.2022, accepted 18.11.2022.





Humanitarian Legal Regulation of Employment of Hospital Ships under Modern Conditions



Ivan V. Kholikov

Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia.

✉ iv_kholik@mail.ru.

Ivan V. KHOLIKOV

ABSTRACT

The article deals with some problematic issues of using hospital ships for transporting the wounded, sick and shipwrecked under the conditions of an armed conflict at sea.

A retrospective analysis refers to emergence and development of legal norms governing the use of hospital ships during armed conflicts. Particular attention is paid to regulation by the standards of international humanitarian law of the issues of protection of hospital vessels from attacks and capture, transport of certain categories of persons and cargo followed by a review of the relevant international legal norms and of the practices of individual states in matters of transporting the wounded and sick, as well as of providing them with medical care at sea. A particular task was to get Journal's audience acquainted with the review of the selected legal commentaries

of ICRC on the Geneva Convention for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea of August 12, 1949 (GC II) and some other provisions of the relevant international humanitarian treaties in the field of hospital ships. The commentaries first ever published in Russian were selected, structured, and additionally elaborated by the author according to the concept of the article, as well as supplemented by the references to the results of modern research.

Based on a study of modern realities, the conclusion is substantiated about the sufficiency of the existing norms of international humanitarian law and the obvious need for adequate use of their potential in relation to the conditions of our times.

Keywords: waterborne transport, hospital ship, international humanitarian law, Geneva Convention, armed conflict, wounded, sick, shipwrecked, transport, treatment.

For citation: Kholikov, I. V. Humanitarian Legal Regulation of Employment of Hospital Ships under Modern Conditions. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 192–198. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-9>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

The change in the paradigm of international relations associated with the crisis of the unipolar world order [1] causes the increased risk of armed conflicts not only on land but also in theatres of naval operations. In this regard, the issues of regulation by humanitarian law of modern military conflicts at sea, ensuring maritime security, use of various means and methods of naval warfare have been more often becoming the subject of attention of both Russian and foreign researchers [2–5].

At the same time, there is concern about the threat of the spread of mass diseases, which is convincingly demonstrated by the epidemics of HIV infection [6], various types of influenza, SARS, Ebola fever [7–9], and the ongoing COVID-19 pandemic, which has become a global challenge of our times [10].

The foregoing actualises transportation of the wounded and sick by sea under various legal regimes, primarily in emergency situations and during armed conflicts. Russian researchers have paid some attention to the issues of legal regulation of health aspects of transportation activities, including maritime transportation [11], the functioning of transport system in the context of counteracting the coronavirus infection pandemic. In particular, the authors of [12] noted the possibility of applying the experience of using medical ships to combat plague, cholera, and other infectious diseases in modern conditions. At the same time, considering the growing factor of military threats [13], it seems appropriate to consider the issue of transporting the wounded and sick by sea during an armed conflict.

In this situation, after an armed conflict at sea arises, the norms of international humanitarian law (IHL) come into force, including the Geneva Convention for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea of August 12, 1949 (GC II). According to them, these persons must be guaranteed humane treatment and care without any discrimination (adverse distinction) founded on such criteria as sex, race, nationality, religion, political opinions, or other similar criteria. Any attempts upon their lives or their persons are strictly prohibited and, in particular, it is forbidden to murder or exterminate them, subject them to torture to biological experiments, wilfully leave them without medical assistance and care, or deliberately create conditions exposing them to contagion or infection. Only urgent medical reasons authorise priority in the order of treatment. It should be

immediately noted that the norms of IHL are valid both under the conditions of an international armed conflict and a non-international armed conflict [14].

At the same time, the status of medical ships involved in transportation and assistance to the wounded, sick and shipwrecked is of particular interest.

Thus, the *objective* of the research is to study the features of the legal regulation of transportation of wounded, sick and shipwrecked, as well as the provision of medical care to them by hospital ships during an armed conflict at sea.

For this, general scientific and special legal research *methods* used in the research comprised, namely, historical-legal, formal-legal, comparative-legal methods, as well as the method of interpreting legal norms. An interdisciplinary approach was also widely used.

RESULTS

Historical Background

Even at the turn of the 18th and 19th centuries, ships accompanying naval forces in order to collect, treat and transport the wounded and shipwrecked were a common feature¹, while examples of employment of military hospital ships had been known before (see, e.g. [15]). Military hospital ships were also deployed near the coast of territories where fighting was going on in order to provide care to the wounded in the field. During the Second World War, military hospital ships «began by general consent to undertake the transport of casualties from land warfare» [16].

The protection of hospital ships first found its way into the Additional Articles relating to the Condition of the Wounded in War. Although the Additional Articles never became binding provisions of law of treaties, they were clearly born out of the general belief that military hospital ships had already enjoyed special protection under customary international humanitarian law. According to the Additional Articles, military and neutral hospital ships enjoyed the character of neutrality, that is, protection from attacks, if they did not commit acts harmful to the enemy.

At the first Hague International Peace Conference in 1899, it was considered that the Additional Articles might constitute the best basis for the «adaptation

¹ Convention (II) for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea. Geneva, 12 August 1949. Commentary 2017. Article 22 – Notification and protection of military hospital ships. [Electronic resource]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gcii-1949/article-22/commentary/2017>. Last accessed 14.09.2022.



to naval war of the stipulations of the Geneva Convention of 1864»^{2,3}.

Accordingly, Article 1(1) of the 1899 Hague Convention III stipulated that «Military hospital ships, that is to say, ships constructed or assigned by States specially and solely for the purpose of assisting the wounded, sick or shipwrecked, and the names of which shall have been communicated to the belligerent Powers at the beginning or during the course of hostilities, and in any case before they are employed, shall be respected and cannot be captured while hostilities last»⁴.

The delegates to the Second Hague Peace Conference in 1907 did not find it necessary to significantly alter the 1899 provisions. Therefore, Article 1(1) of the Hague Convention X of 1907, practically identical to the preceding norm of 1899, was adopted without discussion⁵. Article 1 of the Hague Convention X of 1907 was perceived as a prohibition not only of the capture of hospital ships, but also of attacks on them, as long as they serve exclusively to fulfil their humanitarian task, although it did not explicitly prohibit this⁶.

The Hague Convention III of 1899 and the Hague Convention X of 1907 strengthened the legal protection of military hospital ships, but the First and Second World Wars revealed the need for gradual development of more detailed IHL rules applicable to such ships. During two world wars, there were many attacks on hospital ships. Some of these attacks were attributed to difficulties in identifying or to employment of such ships close to the area of

hostilities at sea, while others were deliberate because the parties to the conflict supposed that these ships were employed illegitimately, or that they were not entitled to protection or lost such a right by acts harmful to the enemy [17; 18]. In particular, the lack of agreement on minimum tonnage turned out to be one of the main reasons why the protection of military hospital ships was not as effective as the drafters of the Hague Conventions had assumed. After the end of World War II, it was time to make the protection of hospital ships more effective.

Legal Regulation at the Present Stage

The Geneva Convention for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea of August 12, 1949 (GC II) distinguishes between military hospital ships of parties to the conflict, on the one hand, and hospital ships utilised by national Red Cross or Red Crescent Societies, officially recognized relief societies or private persons of a belligerent state or neutral states, on the other.

The word «military» means that hospital ships must be operated by or under the exclusive control of the armed forces of a State Party to the Convention. This requirement is met if such vessels are categorized as either «warships», or «auxiliary ships» as defined in international treaty and customary law. This requirement is met if they qualify as either «warships» or «auxiliary vessels» as defined in international treaty law and customary law. This term is broad enough to apply equally to «warships» and to «auxiliary vessels», as long as they are in fact operated by, or under the exclusive control of, the armed forces. The interpretation of Article 22, according to which States are free to use either auxiliary vessels or warships as military hospital ships, is confirmed by State practice. The *Peace Ark* is operated by the People's Liberation Army Navy (PLAN) of the People's Republic of China under the command of a duly commissioned officer and manned by a crew under regular armed forces discipline. Hence, it qualifies as a warship. However, the PLAN considers it to be an 'auxiliary vessel' since it is specially and solely built and equipped as a hospital ship. The US Naval Ship (USNS) *Comfort* and the USNS *Mercy* are operated by the US Military Sealift Command, with a civilian master and crew, but the medical staff is under the command of an officer of the medical corps. The same holds true for the Russian Federation's naval hospital ships *Irtys*, *Svir* and *Yenisey*. The Russian and US hospital ships thus qualify as auxiliaries. It is clear that, notwithstanding the technical qualification of

² Hague Peace Conference [in Russian], p. 444. [Electronic resource]: https://runivers.ru/enc/tematicheskij-katalog/vneshnepoliticheskaya-istoriya-rossii/mirnye_dogovory/591401/. Last accessed 14.09.2022.

³ Convention (III) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention of 22 August 1864. The Hague, 29 July 1899. Historical treaty. [Electronic resource]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hague-conv-iii-1899?activeTab=historical>. Last accessed 14.09.2022.

⁴ Convention (III) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention of 22 August 1864. The Hague, 29 July 1899. Article 1. [Electronic resource]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hague-conv-iii-1899/article-1?activeTab=historical>. Last accessed 14.09.2022.

⁵ Convention (X) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention. The Hague, 18 October 1907. Historical treaty. [Electronic resource]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hague-conv-x-1907?activeTab=historical>. Last accessed 14.09.2022.

⁶ Convention (X) for the Adaptation to Maritime Warfare of the Principles of the Geneva Convention. The Hague, 18 October 1907. Article 1. [Electronic resource]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/hague-conv-x-1907/article-1?activeTab=historical>. Last accessed 14.09.2022.

a vessel – be it as a warship or auxiliary vessel – once it fulfils the requirements of a hospital ship, it is entitled to the special protection due to it under the law¹.

Protection Against Attack and Capture

In order to be able to exercise their functions, military hospital ships under IHL enjoy special protection «in any circumstances», independently of the presence on board of the wounded, sick or shipwrecked (if only those ships do not commit acts harmful to the enemy). They may not be attacked or captured but shall at all times be respected and protected on condition that their names and descriptions have been notified to the Parties to the conflict ten days before those ships were employed.

The prohibition of attack applies to every act of violence aimed at destroying, sinking or otherwise inflicting damage on a military hospital ship. It is not limited to the use of common naval weaponry, such as a warship's guns, torpedoes, naval mines or missiles [19], but applies to the use of all methods and means of warfare and to all measures that may have a negative impact on the functioning of a military hospital ship. Prohibited attacks are therefore not limited to the use of conventional weapons that have kinetic effects. They also include the use of means and methods that, by whatever mechanisms or effects, severely interfere with the functioning of the equipment necessary for the operation of a military hospital ship, such as so-called «cyber-attacks» [20; 21].

Because they are specifically constructed or equipped with a view to assisting the wounded, sick and shipwrecked, military hospital ships are often complex platforms. Their structure, components and equipment are to a considerable extent interdependent and are, individually or in their interaction, essential for the performance of their humanitarian functions. Hence, the prohibition of attacks against military hospital ships must be interpreted in the broadest possible sense, having regard to the object and purpose of the prohibition. Furthermore, it applies not only to acts that actually damage or destroy ships or their equipment, but also to acts that have remained unsuccessful or are intercepted or repelled¹.

However, the prohibition does not apply to damage accidentally or unavoidably inflicted on a hospital ship or its equipment. Rather, the prohibition of attack is limited to intentional attacks and to those launched in neglect of the obligation to take feasible precautions. According to Article 30(4), (military) hospital ships «during and after an engagement... will act at their own risk»¹.

The object and purpose of the prohibition against capturing enemy military hospital ships is to avoid the consequences usually attached to their status as enemy auxiliaries (or warships) and hence as legitimate booty of war, and to safeguard, for the duration of an armed conflict at sea, the performance of their humanitarian functions¹.

In the naval context, the prohibition of capture applies to all acts of asserting control over a vessel to the exclusion of the flag State concerned. Usually, this will be achieved by deploying a boarding team that will then exercise control over the ship and its crew. Since captured enemy government vessels, as booty of war, need not be adjudicated on by a prize court, ownership passes to the captor as soon as capture has been accomplished¹ [22].

Capture must be distinguished from the measures provided for in Article 31(1), i.e., diversion (in the sense of «ordering off»), control and search, and detention. Although all these measures result in an exercise of control, they are temporary and do not aim at an appropriation of the ship¹.

The express prohibition of attacks against military hospital ships only makes sense if they are of enemy nationality. Neutral military hospital ships are warships or auxiliaries, enjoying sovereign immunity, and an attack against them or visiting and searching them would constitute a violation of the flag State's rights¹. Neutral non-military hospital ships, i.e. those operated by neutral National Red Cross or Red Crescent Societies, officially recognized relief societies or private individuals, are regulated by Article 25 of GC II, which states that they shall have the same protection as military hospital ships and shall be exempt from capture, on condition that they have placed themselves under the control of one of the Parties to the conflict, with the previous consent of their own governments and with the authorization of the Party to the conflict concerned, in so far as the provisions of Article 22 concerning notification have been complied with. There was no reference to hospital ships belonging to, or operated by, a neutral flag State.

Military hospital ships shall be built and equipped «specially and solely with a view to assisting the wounded, sick and shipwrecked, to treating them and to transporting them». It follows from this provision and from the context of Articles 30 and 34 of GC II that military hospital ships should be engaged in exercise of exclusively The obligation to «protect» qualifying personnel of hospital ships, and their crews, entails, at a minimum, an obligation to take steps to ensure that they can carry out their work and to refrain from unduly interfering with their



work, such as by arresting them simply for performing their assigned duties⁷. More broadly, in the context of Protocol Additional to the Geneva Conventions of 12 August 1949, and relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts (Protocol I), of 8 June 1977 (further referred to as Additional Protocol I⁸), this entails an obligation to comply with Art. 16 («General protection of medical duties»). This obligation applies to medical personnel, both one's own and those of the enemy, for example, when their members are at the mercy of the opposing side.

As with the obligation to «respect», the obligation to «protect» applies both to the State and to its organs, each of which may bear responsibility under applicable international law, i.e., be it State responsibility or individual criminal or disciplinary responsibility. The overarching objective of the obligation to «protect» is to ensure that the persons entitled to such treatment can reach those in need – that is, in the case of medical personnel, the wounded and sick⁷.

Specifics of Medical Transport, Transportation of Civilians and Assistance to Them

This means that a military hospital ship qualifies for protected status so long as it performs two distinct and cumulative humanitarian functions: first, to treat, and second, to transport victims of armed conflict. In any event, every wounded, sick or shipwrecked person who has been taken aboard a military hospital ship will of necessity be transported and, to a greater or lesser extent, provided with the necessary medical care. It is therefore the ability to perform these two tasks that distinguishes hospital ships from coastal rescue craft and other medical transports that are usually limited to providing expeditious transport to a medical facility and basic life-sustaining measures.

The primary functions of hospital ships are to collect, treat and transport those in need of assistance at sea. The evacuation of wounded and sick members of land forces, while certainly a lawful and protected activity, does not imply that hospital ships may in an

unlimited and exclusive manner deliver medical items or that they can be used as transport ships for medical personnel and items. Hence, the carriage of surplus medical stores and supplies ‘must be subordinate to the dominant object of the voyage, i.e., to pick up casualties at its destination. This finding is supported by Article 35(5). Although the transportation of medical personnel and equipment over and above their normal requirements may not be considered as depriving hospital ships of their protection, it does not mean that they may be used exclusively for the transportation of a disproportionate quantity of medical personnel and equipment¹.

Although the carriage of wounded, sick and shipwrecked civilians goes beyond the primary functions of specially protected hospital ships, it is still to be considered as the performance of a genuinely humanitarian function and, for that reason, does not deprive a hospital ship of its protected status under international humanitarian law.

Article 35(4) of GC II justifies the conclusion that hospital ships are allowed to assist wounded, sick and shipwrecked civilians. This certainly holds true if they are wounded, sick or shipwrecked as a result of naval action. As far as the requirements flowing from the Second Convention are concerned, every wounded, sick or shipwrecked civilian found at sea may be taken on board a military hospital ship, if it is on the scene. It does not matter whether the shipwreck has been caused by armed hostilities, a collision, grounding, bad weather or sea conditions¹. In modern conditions, military personnel and civilians may be struck down on the same spot and by the same act of war. In such cases, they must be able to be treated by the same orderlies. Since the causes of sickness, injuries or shipwreck are irrelevant, every civilian found at sea may benefit from the services of a hospital ship or sickbay, whether sick or wounded or not. Moreover, sick or wounded civilians may be taken on board a military hospital ship in port⁹.

So, as far as the requirements flowing from the GC (II) are concerned, refugees and migrants found in distress at sea may be assisted by military hospital ships even though they may have decided to take to sea for reasons unrelated to the armed conflict. In this context it is important to emphasize, however, that rules of

⁷ Convention (II) for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea. Geneva, 12 August 1949. Commentary 2017. Article 36 – Protection of the personnel of hospital ships. [Electronic resource]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gcii-1949/article-36/commentary/2017?activeTab=undefined>. Last accessed 14.09.2022.

⁸ Protocol Additional to the Geneva Conventions of 12 August 1949, and relating to the Protection of Victims of International Armed Conflicts (Protocol I), 8 June 1977. Text and commentaries. <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/api-1977?activeTab=1949GCs-APs-and-commentaries>. Last accessed 14.09.2022.

⁹ Convention (II) for the Amelioration of the Condition of Wounded, Sick and Shipwrecked Members of Armed Forces at Sea. Geneva, 12 August 1949. Commentary 2017. Article 35 – Conditions not depriving hospital ships of protection. [Electronic resource]: <https://ihl-databases.icrc.org/en/ihl-treaties/gcii-1949/article-35/commentary/2017?activeTab=undefined>. Last accessed 14.09.2022.

international law outside the international humanitarian law, and this depending on the circumstances, may have the effect that such persons found in distress at sea must be taken on board a military hospital ship¹. These include the provisions of the UN Convention on the Law of the Sea of 1982; International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) of 1974; International Convention on Salvage (adopted in 1989, enter into force in 1996); 1979 International Convention on Maritime Search and Rescue (SAR, adopted in 1979, entered into force in 1985); as well as a number of IMO and UNHCR documents.

In addition, Article 22(1) of the Additional Protocol I, provides that (military) hospital vessels may carry «civilian wounded, sick and shipwrecked who do not belong to any of the categories mentioned in Article 13 of the Second Convention»⁸.

There is, however, one category of civilians that have not right to benefit from the assistance provided by military hospital ships: civilians in port or on land who are neither wounded nor sick. The wording of Article 35(4) of the GC II is clear on this point. Civilians taken on board a military hospital ship must be in need of assistance because of their physical condition. Although women, children and the elderly are, in principle, considered as vulnerable and thus entitled to special respect and protection, they cannot be considered as wounded or sick unless they are «in need of immediate medical assistance or care» within the meaning of the article 8(a) of Additional Protocol I. The same applies to civilians who may find themselves in a desperate situation (e.g., refugees on land). The only available remedy is a cartel ship or aircraft, i.e., a specific vessel or aircraft that the Parties to the conflict have, in an agreement, identified as being entitled to transport civilians and refugees without being interfered with by the enemy¹.

CONCLUSION

Currently, only few States use military hospital ships within the meaning of GC II. Perhaps this is due to the fact that the construction and equipment of military hospital ships is a very expensive undertaking. In addition, such ships (and, if any, helicopters on them) are difficult to protect against modern high-tech weapons [23], including unmanned maritime systems [24] and aircraft [25]. Some states, notably the United Kingdom, have decommissioned their former military hospital ships from the regular navy because they were not apt to continue to expose them to the danger of accidental or deliberate attack. Instead, they have begun equipping some of their warships with medical aid compartments, thereby

converting them into «primary casualty receiving ship» [26] that do not qualify for special protection under Article 22 of GC II. These new practices deprive the victims of armed conflict of a convenient platform where they can receive prompt and effective medical care at sea. In addition, without hospital ships, states will not be able to provide medical care to victims of international armed conflicts between other states. According to Art. 22(2)(a) API, military hospital vessels may be provided to a party to the conflict by «by a neutral or other State which is not a Party to that conflict».

These trends seem to be rather alarming, since they violate the already fragile balance between the practical needs and the limited possibilities of their legal regulation. Given the obvious sufficiency of the existing rules of international humanitarian law, there is no need to adopt new ones in the foreseeable future. At the same time, there remains a need to make adequate use of existing instruments of the international humanitarian law in order to ensure the safety of medical facilities, including hospital ships, and their personnel, designed to provide impartial assistance to all the victims of armed conflicts, regardless of where they occur – on land or at sea.

REFERENCES

1. Konurov, A. I., Kholikov, I. V. International legal and military political issues of contemporary world order. *Vestnik Akademii voennykh nauk*, 2015, Iss. 4 (53), pp. 7–18. [Electronic resource]: <https://www.avnrf.ru/index.php/zhurnal-qvoennyy-vestnik/arkhiv-nomerov/789-vestnik-avn-4-2015> [access restricted for subscribers only].
2. Kholikov, I. V. Countering criminal encroachments on international maritime security [*Protivodeistvie prestupnym posyagatel'stvam na mezhdunarodnyuyu morskuyu bezopasnost'*]. In: Crime in XXI century. Priority areas of counteraction. Ed. by O. V. Damaskin, Yu. V. Nikolaeva. Moscow, LLC Publishing house «Uniti-Dana», 2020, 559 p., pp. 431–459. ISBN 978-5-238-03423-2.
3. Okocha, V. A., Kholikov, I. V. The use of armed force by private maritime security companies: dynamics of boundaries and specifics of legal regulation in the modern world. *Journal of Russian Law*, 2020, Iss. 12, pp. 147–158. DOI: 10.12737/jrl.2020.154.
4. Kraska, J., Pedrozo, R. International Maritime Security Law, 2013, 939 p. ISBN 978-90-04-23356-0.
5. Heintschel, von H., W. Unmanned Maritime Systems: Does the Increasing Use of Naval Weapon Systems Present a Challenge for IHL? In book: Dehumanization of Warfare, 2018, pp. 119–126. DOI: 10.1007/978-3-319-67266-3_7 [access restricted for subscribers only].
6. Melnichenko, P. I., Damaskin, O. V., Kholikov, I. V., Parshin, M. Zh. Organizational-and-law problems of acting against HIV/AIDS spread among the servicemen. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*, 2005, Vol. 326, Iss. 2, pp. 50–54.
7. Sazonova, K. L., Kholikov, I. V. International legal aspects of responsibility of states and international organizations for the spread of epidemics, pandemics and mass diseases. *Voenno-meditsinskiy zhurnal*, 2015, Vol. 336, Iss. 8, pp. 51–57. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26458389>. Last accessed 12.09.2022.



8. 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*. Ed. by D. Messelken, D. Winkler. New York, Routledge, 2018, pp. 38–51. DOI: 10.4324/9781315580258-3 [access restricted for subscribers only].
9. Zhdanov, K. V., Kholikov, I. V. Disease caused by the Ebola virus: from theory to practice. *Journal Infectology*, 2015, Vol. 7, Iss. 1, pp. 5–17. DOI: <https://doi.org/10.22625/2072-6732-2015-7-1-5-17>.
10. 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. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44414969>. Last accessed 12.09.2022.
11. Kholikov, I. V. International legal aspects of implementation of the transport strategy of the Russian Federation in the field of medical support in transport [Mezhdunarodno-pravovie aspekty realizatsii transportnoi strategii Rossiiskoi Federatsii v sfere meditsinskogo obespecheniya na transporte]. *Transportnoe pravo i bezopasnost*, 2018, Iss. 4 (28), pp. 93–99. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36782509>. Last accessed 14.09.2022.
12. Chernogor, N., Zemlin, A., Kholikov, I., Mamedova, I. Impact of the spread of epidemics, pandemics and mass diseases on economic security of transport. *E3S Web of Conferences*, 2020, Vol. 203 (107), pp. 05019. DOI: 10.1051/e3sconf/202020305019. [Electronic resource]: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/63/e3sconf_ebwff2020_05019.pdf. Last accessed 19.08.2022.
13. Kholikov, I. V. International legal aspects of countering military threats in modern conditions [Mezhdunarodno-pravovie aspekty protivodeistviya voennym ugrozam v sovremennykh usloviyakh]. *Sovremennoe pravo*, 2003, Iss. 6, pp. 27–31.
14. Kholikov, I. V. Norms of international humanitarian law and the practice of their implementation in modern conditions [Normy mezhdunarodnogo gumanitarnogo prava i praktika ikh realizatsii v sovremennykh usloviyakh]. In: *State policy of reforming social and humanitarian education: a comparison of the experience of post-socialist states: Collection of scientific articles based on the materials of the International Scientific and Practical Seminar*. Orenburg, Orenburg State University, 2014, pp. 294–307. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21985270>. Last accessed 14.09.2022.
15. Hanson, N. The Confident Hope of a Miracle: The True History of the Spanish Armada, Vintage, 2003, P. 407. [Electronic resource]: <https://archive.org/details/confidenthopeofm00hans> [access restricted for subscribers only].
16. Mossop, J. C. Hospital Ships. In: *Commentary on the Second Geneva Convention*, Chapter III, 1947, pp. 398–406. [Electronic resource]: <https://www.cambridge.org/core/books/abs/commentary-on-the-second-geneva-convention/hospital-ships/B18460F4981F63C083F45585172D6431> [access restricted for subscribers only].
17. Galloy, J. L'Inviolabilité des Navires-Hôpitaux et l'expérience de la Guerre de 1914–1918. Paris, Librairie du Recueil Sirey, 1931. [Electronic resource]: <https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-international-law/article/abs/linviolabilite-des-navireshopitaux-et-lexperience-de-la-guerre-19141918-by-j-galloy-paris-librairie-du-recueil-sirey-1931-pp-192-fr-30/D178DA89BB9DFABEB375A035E638AF2D> [access restricted for subscribers only].
18. Oppenheim's International Law. Edited by H. Lauterpacht. 7th ed. Longmans, Vol. 2. London, Green and Co., 1952. [Electronic resource]: <https://www.cambridge.org/core/journals/cambridge-law-journal/article/abs/international-law-by-l-oppenheim-volume-2-disputes-war-and-neutrality-seventh-edition-edited-by-h-lauterpacht-london-longmans-green-co-1952-iiiii-and-883-and-index-56-pp-80s-net/CC326CCE62A5AFF654697F5EA3F0AD92> [access restricted for subscribers only].
19. Likhovidov, Kholikov, I. V., K. S., Plaksa, V. N. Current trends in international legal regulation of armed conflicts at sea. *Voennyi akademicheskiy zhurnal*, 2019, Iss. 4 (24), pp. 144–149. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42421357>. Last accessed 14.09.2022.
20. Plaksa, V. N., Kholikov, I. V. International legal protection of civilian population and civilian infrastructure in cyber warfare. *Voennoe pravo*, 2020, Iss. 5 (63), pp. 200–213. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44024087>. Last accessed 14.09.2022.
21. Kudashkin, A. V. Military law: Monograph in 3 volumes [Voennoe pravo: Monografiya v 3 t.]. Under the general ed. A. N. Savenkov, A. V. Kudashkin. Vol. 3: Main problems and promising areas of military legal research. Moscow, Centre for Legal Communications, 2022, 712 p. ISBN 978-5-6042565-1-0.
22. Dinstein, Y. Booty in Warfare. In: *Use of Force. War and Neutrality Peace Treaties (A–M)*, 1982, pp. 66–68. DOI: 10.1016/B978-0-444-86234-1.50028-X [access restricted for subscribers only].
23. Grimord, D. L., Riggs, G. W. The Unique and Protected Status of Hospital Ships under the Law of Armed Conflict. In: *International Law and Military Operations*, International Law Studies, U. S. Naval War College, 2006, Vol. 80, No. XIV, pp. 263–269. [Electronic resource]: <https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1272&context=ils>. Last accessed 14.09.2022.
24. Kholikov, I. V. Some problematic issues of international legal regulation of employment of unmanned maritime systems for military purposes. *Voennoe pravo*, 2019, Iss. 6 (58), pp. 276–282. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41493037>. Last accessed 14.09.2022.
25. Sazonova, K. L., Kholikov, I. V. International legal responsibility in the context of legal regulation of the military employment 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://elibrary.ru/item.asp?id=29952934>. Last accessed 14.09.2022.
26. Smith, A. M. Has the Red-Cross-Adorned Hospital Ship Become Obsolete? *Naval War College Review*, 2005, Vol. 58, Iss. 3, pp. 121–131. [Electronic resource]: <https://digital-commons.usnwc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2052&context=nwc-review>. Last accessed 14.09.2022. ●

Information about the author:

Kholikov, Ivan V., Ph.D., D.Sc. (Law), Col. (ret.), Professor, Senior Researcher at the Section of International Law, Professor at the Department of International and European Law of the Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation; Legal Advisor to the Secretary General of the International Committee of Military Medicine, Moscow, Russia, iv_kholik@mail.ru.

Article received 12.09.2022, approved 03.10.2022, accepted 10.10.2022.

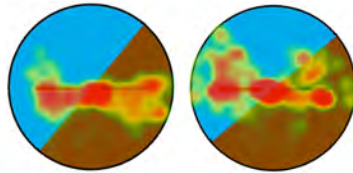


**STUDY ON MOTIVATORS
OF FUTURE
TRANSPORT
EMPLOYEES** **200**

What drives future employees of the transport industry? In what are similar and in what differ aircraft pilots and locomotive drivers of tomorrow? Does the choice of profession influence the assessment of the values?



EDUCATION AND HRM



PILOTS **208**

The study on perception and interpretation of visual electronic flight instrument information by the pilots.

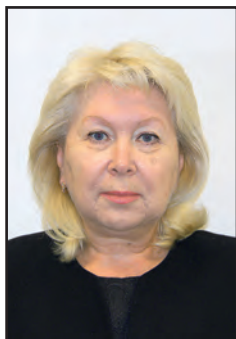




Research on Individual Motivators of Graduates of Transport Educational Institutions



Marina V. ERKHOVA



Lyudmila G. SHUMKOVA

*Marina V. Erkhova*¹,
*Lyudmila G. Shumkova*²

^{1,2} Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B. P. Bugaev, Ulyanovsk, Russia.

✉ ¹ m.v.erhova@mail.ru.

ABSTRACT

The article substantiates the relevance of studying individual motivators of future civil aviation pilots and future railway employees in the context of their professional education and describes the results of the study that had the objective to determine degree of evidence and conjunction of mean group motivators of two categories of respondents, as well as influence of obtained motivational profiles on the peculiarities of perception of the future profession by students of transport educational institutions.

The chosen empirical research method was based on diagnostics according to the «Motivation profile» test developed by S. Ritchie and P. Martin. This motivation test is a reliable and valid tool for measuring person's individual motivations for activity, based on the study of 1355 motivation profiles of an international group of respondents suitable for analysis. The authors of the test identified 12 factors, which are human needs that drive people at work, the severity of which is reflected in the motivation profile of a person or a group.

The present study involved 144 cadets of the 5th year at Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B. P. Bugaev pursuing «Organisation of flight work» specialised study course, and 50 3rd year students at Ulyanovsk Railway College, pursuing the «Technical operation of rail rolling stock of railways: Assistant driver of a diesel locomotive» study course.

The diagnostic experiment namely allowed to develop mean group motivation profiles of these categories of respondents and to carry out their analysis in terms of the requirements for the future occupation of the respondents. Particular attention was paid to a comparative analysis of motivation profiles of future civil aviation pilots and future railway employees.

Recommendations based on the results of the study are aimed at improving the educational process of a transport educational institution.

Keywords: transport, civil aviation, railways, education, training, transport educational institution, human needs, motivators, motivation profile, individual and mean group motivators of students.

For citation: Erkhova, M. V., Shumkova, L. G. Research on Individual Motivators of Graduates of Transport Educational Institutions.. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 200–207. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-10>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

Currently, best practices of human resources management pay more and more attention to the study of individual motivators of employees. Individual employee motivators are incentives that encourage a particular employee to perform more efficiently [1]. Previously, it was believed that material remuneration in monetary or non-monetary form can better than all initiate professional activity of an employee. Currently, effective motivators comprise also free time, the opportunity to choose a convenient vacation time, professionally prestigious business trips, advanced training courses, etc. [2, pp. 160–167; 3, pp. 361–417; 4, pp. 71–80; 5–7; 8, pp. 366–380]. A distinctive feature of companies focused on development of a motivation environment is the study of personal motivators of employees and offering them a choice of motivation options commensurate with the professional result obtained by the employee and consisting of the motivators in which the employee is really interested in [9, pp. 160–167]. Such an approach to stimulating the labour activity of personnel allows not only considering individual preferences of the employee, but is also a manifestation of corporate care based on the freedom of the employee to choose such an incentive, which will further develop his professional initiative and performance to the maximum extent.

The study of individual motivators of employees allows management to psychologically expediently distribute the bonus fund of the enterprise, correlate the expectations of employees with capabilities of the company, and find additional corporate resources to develop its competitiveness. Determining the personal motivators of employees allows management to use additional levers of influence on the staff, predict the behaviour of employees and ensure its uniformity. This is due to the fact that a systematic analysis of prevailing and rejected individual motivators of employees demonstrates a system of personal values of employees being implemented, which are the basis of the real organisational culture of the enterprise. In management practices, there are various technologies for monitoring and developing the motivation environment: employees' surveying to identify segmented and corporate-wide values [9, pp. 177–185],

study of job satisfaction [10, pp. 33–109], study of motivation resources of enterprise management [11, pp. 124–136], staff turnover analysis [12, pp. 369–377].

The study of individual motivators is important at various stages of the professional career of employees. So, during the period of obtaining professional education, students have the opportunity, having studied their system of personal motivators, to correlate their professional expectations with the possibilities of their future profession, to correct the imbalance that has arisen through development of new motives for professional activity.

Knowledge of the main trends in development of students' personal motivators for their mastering and self-development in their future professional activity will allow the administration of educational institutions to make adjustments to the educational process, bringing into line the requirements and features of students' future professions and their personal ideas regarding the style of work regarding their chosen future occupations [13; 14].

The *objective* of the article is to present and analyse the results of a study on individual motivators of future civil aviation pilots (hereinafter referred to as CA) under the conditions of their higher professional education, as well as to conduct a comparative analysis of severity of motivators of students studying at civil aviation and railway educational institutions.

MATERIALS AND METHODS

The objective was achieved through application of *theoretical* (analysis of scientific literature, comparative analysis, extension), as well as *empirical research methods* (diagnostic experiment).

The research comprised a study on individual motivators of cadets-pilots of the 5th year at Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B. P. Bugaev and of railway students of the 3rd year at Ulyanovsk Railway Transport College.

The study was carried out in three stages.

The first stage focused on identification of personal and mean group motivators of 5th year cadets pursuing the «Organization of flight work» study course at Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief



Marshal B. P. Bugaev. The study was conducted in November–December 2021 and involved 141 cadets (five study groups). The results of the diagnostics allowed to develop an mean group motivation profile of the respondents and to analyse its correlation with the characteristics of the profession of a civil aviation pilot.

The second stage of the study focused on diagnostics and subsequent analysis of personal and mean group motivators of 50 3rd year students of Ulyanovsk Railway College, pursuing the «Technical operation of rolling stock of railways: – Assistant driver of a diesel locomotive» study course. The study was conducted in February 2022.

The third stage focused on a comparative analysis of the mean group profiles of future transport employees (civil aviation pilots and diesel locomotive driver assistants) and on drawing research and practical conclusions.

The «Motivation profile» test by S. Ritchie and P. Martin, which is a reliable and valid tool for measuring person's individual motivations for activity, was used a diagnostics tool [15]. The authors of the test identified 12 motivation factors which are human needs that motivate people at work. Below, there is a brief adapted description of these factors followed by the indication of the value of the mode (the most common value of the motivator in the group of respondents participating in the initial approbation of the test) [15, pp. 24–26].

1. The need for high earnings, material rewards and material benefits. Mode – 27 points.

2. The need for comfortable working conditions. Mode – 17 points.

3. The need to structure work, to reduce the degree of uncertainty associated with work. Mode – 26 points.

4. The need for social contacts with a wide range of people. Mode – 27 points.

5. The need for stable, trusting relationships with a small group of people. Mode – 18 points.

6. The need for recognition and acknowledgment from other people. Mode – 35 points.

7. The need to set and achieve complex professional goals, self-motivation. Mode – 36 points.

8. The need for influence, power, and control over others. Mode – 31 points.

9. The need for variety and change, novelty, avoidance of boredom. Mode – 34 points.

10. The need for creativity, openness to new ideas, curiosity. Mode – 32 points.

11. The need for self-improvement of one's personality. Mode – 35 points.

12. The need to be in demand in the framework of interesting and socially useful activity. Mode – 41 points.

After determining severity of each of these factors, the researcher builds an individual motivation profile of the tested person, which is analysed according to the priority of each motivation factor and their cross-influence. This makes it possible to assess the real picture of person's needs and, as a result, draw conclusions about professional aspirations of the respondent, the conditions of his job satisfaction, and the presence of scarce needs.

RESULTS

Study of the Features of Individual and Mean Group Motivators of Students of Transport Educational Institutions

The first stage of the diagnostics of individual motivators involved five training groups of cadets-pilots, personal values of each of 12 motivators for each cadet were calculated. Next steps were to develop mean group motivation profiles for each of five training groups, then, a general group profile, which was further analysed from different aspects.

Mean group values of 12 motivators for each training group of cadets-pilots are shown in Table 1.

To obtain a more homogeneous picture of severity of motivators with the considered group of respondents, we built an mean group profile of the pooled group of cadets. It is shown in Pic. 1.

The analysis of mean group motivators was based on a comparison of motivators with each other and with the value of the mode.

So, the results of the diagnostics of mean group motivators showed that the most pronounced motivators of the surveyed cadets-pilots were «Income», «Achievements» and «Interesting and useful work».

The combination of «Income» and «Achievements» factors may indicate that the respondents associate high remuneration with the results of their work. At the same time, they are ready to set themselves complex professional goals, make the necessary efforts

Table 1

Mean group motivators of cadets-pilots [compiled by the authors]

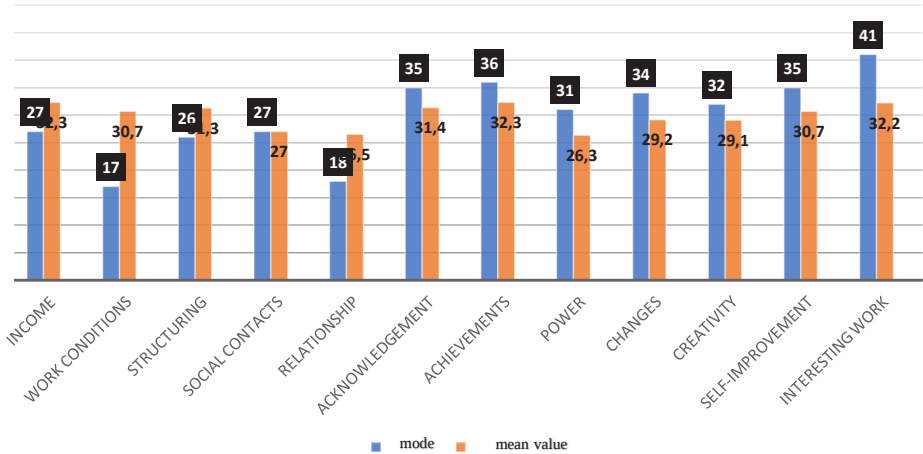
No,	Motivation factors	Mode	Study groups					Mean value
			P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	
1	Income	27	35,4	30,45	28,1	33,8	33,83	32,3
2	Work conditions	17	29,3	33,68	30	29,1	31,61	30,7
3	Structuring	26	29,0	32,09	31,3	33,45	31,17	31,3
4	Social contacts	27	21,6	29,64	27,8	28,1	27,78	27
5	Relationship	18	22,9	28,41	25	26,7	29,33	26,5
6	Acknowledgment	35	31,2	29,45	32,2	32,35	32,11	31,4
7	Achievements	36	34,9	30,95	34	31,95	29,67	32,3
8	Power	31	24,7	29,73	26,1	24,5	26,44	26,3
9	Changes	34	28,7	30,23	27	31,2	28,78	29,2
10	Creativity	32	29,8	29,09	29,9	29,4	27,39	29,1
11	Self-improvement	35	34,0	28,27	29,3	30,6	31,72	30,7
12	Interesting and useful work	41	37,6	27,73	35,2	31,95	28,89	32,2

* Here and further-on the short names are used in designations of the factors.

and receive appropriate remuneration for this. Such an attitude towards professional activity, on the one hand, encourages future civil aviation pilots to engage in professional development, and on the other hand, it can cause them to feel that their efforts and earnings do not match. This, in turn, can increase job dissatisfaction and a decrease in interest in it.

The combination of the significant factors «Income» and «Interesting and useful work» means that cadets understand that they will be remunerated, first of all, for the benefit that

they bring to people. It should be noted that if usefulness and interestingness of work in a company is not supported by organisational conditions, then the material remuneration of an employee is unlikely to increase the performance of the employee's work. Therefore, the administration of aviation companies should understand that high salaries of pilots cannot be a sole guarantee of the quality of work of flight crews. It is necessary to purposefully maintain pilots' interest in work for they perceive it as useful and meaningful for people.



Pic. 1. Mean group motivators of cadet pilots [performed by the authors].



Table 2

Mean group motivators of railway college students [compiled by the authors]

No,	Motivational factors	Mode	Mean group value
1	Income	27	33,4
2	Work conditions	17	33,4
3	Structuring	26	34,1
4	Social contacts	27	33,2
5	Relationship	18	26,7
6	Acknowledgment	35	33
7	Achievements	36	30
8	Power	31	22,1
9	Changes	34	28
10	Creativity	32	25,3
11	Self-improvement	35	30,4
12	Interesting and useful work	41	29,2

The combination of the importance for pilots of the factors «Achievements» and «Interesting and useful work» once again confirms the need for aviation companies to use modern social management tools to maintain the interest and personal perception of significance of work among the aviation personnel.

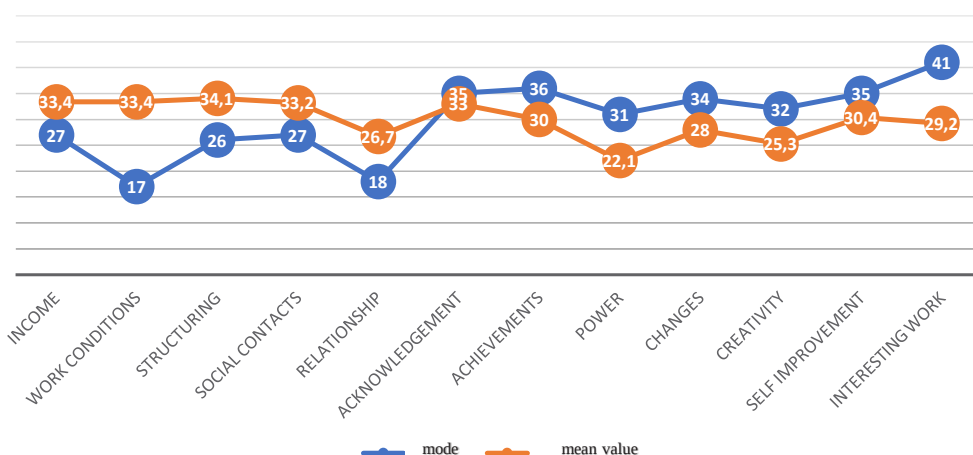
When comparing these motivation factors that are significant for future pilots with the mode (the mean statistical value of motivators obtained by the authors of the test during its approbation), it turned out that «Income» factor significantly exceeds the mode value, and «Interesting and useful work» factor is significantly lower than the mode value. This once again confirms the need to maintain (at the expense of internal resources or of the resources of the aviation company) a high interest of pilots in work, which will initiate their professional achievements and increase the corresponding material reward, which is a very important motivation factor for respondents.

The analysis of the mean group motivation profile of future pilots showed a rather high significance of working conditions for them, which indicates that cadets understand the peculiarities of the lifestyle of a civil aviation pilot, the need for an aviation company to comply with work/rest cycle of the flight crew, and the impact of these regulations on flight safety.

It is interesting to note that the significance for cadets of power and propensity to change is much lower than the mean values. This may indicate the orientation of pilots, first, to a «horizontal» career (changing the type of aircraft while maintaining the job position), second, to the importance of stability in all areas of life. These assumptions have been confirmed by studies of the main career orientations of future pilots according to Edgar Schein's Career Anchors method [16].

It is important to note that the combination of the high significance of «Income» factor for cadets and the rather low significance of «Power» factor indicates that respondents understand the importance of vocational training, mastering more complex types of aircraft for consistent building of an expert career, which is an indicator of not only professional, but also material status of a pilot.

Combination of the high importance of «Income» and the relatively low importance of «Relationship» factor for future pilots is also a feature of the obtained motivation profile. The «Relationship» factor means the importance for a person of building long-term trusting relationships with colleagues. The low value of this factor shows the readiness of future pilots for the specifics of professional interaction in corporate flight departments, where remote contacts of pilots prevail over face-to-face relations, and do not allow



Pic. 2. Mean group motivators of railway college students [performed by the authors].

establishment of close interpersonal relationships between colleagues. Probability to be in a crew where pilots have never previously flew together also develops among civil aviation pilots readiness for rather short-term (for duration of the flight) business contacts.

The analysis of the results of the second stage of the study can be described as follows.

The mean group values of 12 motivators after diagnostics of the students of Railway college were similarly calculated. They are shown in Table 2.

To get a clearer picture of severity of motivators in the declared group of respondents, we built a mean group profile of the combined group of railway students. It is shown in Pic. 2.

When analysing mean group motivators of railway students, we will also use a comparison of motivators with each other and with the value of mode.

So, the results of the diagnostics of mean group motivators of railway college students showed that the most pronounced motivators of the respondents are «Income», «Work conditions», «Structuring». The predominance of these motivators may indicate, on the one hand, the priority of external motivation among future railway employees (decent wages, good working conditions, well-defined work regulation), and, on the other hand, may become an indicator of readiness for strict respect of job description, desire to improve their material well-being through conscientious work, compliance with employee discipline.

«Power» factor turned out to be the least significant motivation factor. This may indicate the orientation of college students, first, to a horizontal, and not to a vertical (aimed at promotion to the next job position) career.

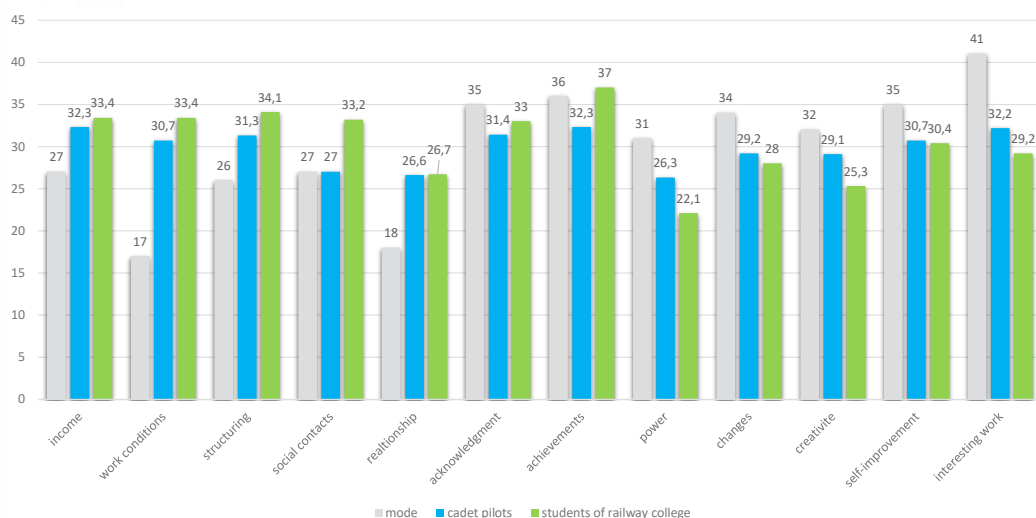
When comparing motivation factors that are significant for future railway employees with the mode, it turned out that «Work conditions» factor significantly exceeds the value of mode, and «Interesting and useful work» factor is significantly lower than the value mode.

This is a confirmation of the need to maintain a high interest in future work among students during the learning period, demonstrate the relationship between the results of work and earnings, develop readiness for various working conditions and force majeure circumstances.

The analysis of the mean group motivation profile of future railway employees showed a rather high significance of working conditions for them, which indicates that students understand the peculiarities of the lifestyle of railway employees, the need for a railway enterprise to comply with work/rest schedules, and the impact of these regulations on traffic safety.

It is important to note that the combination of the high significance of «Income» factor for students and the rather low significance of «Power» factor indicates that the respondents understand the importance of vocational training, mastering modern types of railway vehicles for consistent building of





Pic. 3. Mean group motivators of cadet pilots and railway college students [performed by the authors].

a professional career, which is an indicator of not only professional, but also material status of a railway employee.

The third stage of the study was dedicated to a comparative analysis of the mean group motivators for the professional activity of future aviation and railway employees.

A visual representation of the results obtained is shown in Pic. 3.

Comparison of individual motivators of future pilots and railway employees showed a sufficiently high similarity of almost all motivators. Respondents equally appreciate the importance of remuneration, work conditions and the regulation there-of, as well as relationships with colleagues. These motivators to a certain extent characterise the professional style of transport employees since the work-rest schedule, the equipment of the workplace, a precise regulation of activity are necessary attributes of these professions that ensure safety of air and rail transportation. Sufficiently high severity of the relationship motivator shows that students understand the importance of establishing positive relationships with the colleagues in interactions aircraft commander – co-pilot, locomotive driver – assistant driver, respectively.

The greatest discrepancies were revealed in severity of motivators «Social contacts» and «Power». Railway students attach greater importance to the need to expand social contacts, professional ties, and communication skills. Cadet pilots are more focused on the possibility of influencing, exercising control over colleagues.

This style of behaviour of the CA pilot is quite consistent with the CRM system, which provides for a clear cross-check of the flight crew members.

Comparison of severity of individual motivators of future pilots and railway employees the value of the mode showed that motivators of income, conditions and structuring of work in both groups of respondents significantly exceed the value of the mode. This indicates the increased importance of these labour incentives. On the one hand, this may indicate that students understand the features of their professions, and, on the other hand, they may have overestimated expectations regarding formal aspects of professional activity, which may not correspond to the real situation.

Quite indicative was the fact that the motivators «Interesting work», «Self-improvement» and «Changes» for all respondents are much lower than the value of the mode. This may indicate an insufficiently high interest of students in the content of their future profession and, as a result, in the desire to develop in it. At the same time, the lowered «Change» motivator may indicate a conservative orientation of their thinking, and, as a result, resistance to change. Changes may relate to organisational, technological changes, the development of new types of vehicles, etc. Transport is a dynamically developing sector of the economy; therefore, employees of transport enterprises should be ready for changes, which are always accompanied by the need for professional development.

CONCLUSIONS

The study showed the importance of a deeper investigation of the mechanisms of formation of professional motivation of students of transport educational institutions, as well as of the search for opportunities for more intensive «immersion» of students in a real professional environment that forms an adequate image of their profession. The study of students' personal motivators will make it possible to systematise their professional expectations into a holistic image of the profession that exists in the minds of students, to correlate it with professional realities and organise work for a more detailed study by students of the niceties, opportunities and limitations of the future profession, style of professional behaviour, regulations, features of encouragement of employees, etc. This will allow future specialists to quickly adapt to the niceties of the chosen profession, to avoid disappointment due to minor difficulties, and to optimally organise their professional life, taking into account the requirements of the profession.

REFERENCES

1. Ilyin, E. P. Essence and structure of the motive [*Sushchnost i struktura motiva*]. *Psikhologicheskii zhurnal*, 1995, Vol. 16, Iss. 2, pp. 27–41. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23267000>. Last accessed 26.06.2022.
2. Solomanidina, T. O., Solomanidin, V. G. Motivation of labour activity of personnel: Study guide [*Motivatsiya trudovoi deyatel'nosti personala: Ucheb. posobie*]. Moscow, Yuniti-Dana publ., 2017, 312 p. ISBN 978-5-238-01609-2.
3. Magura, M. I., Kurbatova, M. B. Secrets of motivation or motivation without secrets [*Sekrety motivatsii ili motivatsiya bez sekretov*]. Moscow, Upravlenie personalom, 2007, 653 p. ISBN 978-5-9563-0076-3.
4. Ivanova, S. V. Motivation 100 %: Where is his button? [*Motivatsiya na 100 %: A gde zhe u nego knopka?*]. Moscow, Alpina Publisher, 2019, 288 p. ISBN 978-5-9614-2268-9.
5. Gavrilova, O. Stimulation with free time [*Stimulirovanie svobodnym vremenem*]. *Spravochnik po upravleniyu personalom*, 2011, Iss. 3, pp. 49–52. [Electronic resource]: <https://www.pro-personal.ru/article/222954-stimulirovanie-svobodnym-vremenem/>. Last accessed 26.06.2022.
6. Koltsova, V. Benefit system management [*Upravlenie sistemoy lgot*]. *Spravochnik po upravleniyu personalom*, 2011, Iss. 4, pp. 65–69. [Electronic resource]: <https://www.pro-personal.ru/article/223732-upravlenie-sistemoy-lgot/>. Last accessed 26.06.2022.
7. Kochetkova, A. Management of creative employees. Motivation of «creators» [*Upravlenie kreativnymi sotrudnikami. Motivatsiya «tvortsov»*]. *Spravochnik po upravleniyu personalom*, 2011, Iss. 4, pp. 24–28. [Electronic resource]: <https://www.pro-personal.ru/article/223676-motivatsiya-tvortsov/>. Last accessed 26.06.2022.
8. Zankovskiy, A. N. Organisational psychology: Study guide [*Organizatsionnaya psikhologiya: Ucheb. posobie*]. Moscow, Flinta, MPSI publ., 2002, 648 p. [Electronic resource]: <https://uchebnik.biz/book/138-organizatsionnaya-psikhologiya/>. Last accessed 26.06.2022.
9. Samoukhina, N. V. Effective staff motivation at minimal financial cost [*Effektivnaya motivatsiya personala pri minimal'nykh finansovykh zatratakh*]. Moscow, Vershina publ., 2006, 224 p. ISBN 5-9626-0076-2. [Electronic resource]: https://www.zagorskaya.info/wp-content/uploads/2020/11/4809_a1213a0e70a336cf8bdc3d423a1b389e.pdf. Last accessed 26.06.2022.
10. Herzberg, F., Mausner, B., Snyderman, B. B. The motivation to work. [Edition in Russian]. Transl. by D. A. Kulikov. Moscow, Vershina publ., 2007, 240 p. ISBN 5-9626-0259-5. [Electronic resource]: https://www.studmed.ru/herzberg-f-mocner-b-bloh-snyderman-b-motivatsiya-k-rabote_07e612b1687.html. Last accessed 26.06.2022.
11. Shapiro, S. A. Motivation [*Motivatsiya*]. Moscow, GrossMedia publ., 2008, 150 p. [Electronic resource]: https://www.studmed.ru/shapiro-sa-motivatsiya_e13974d353b.html. Last accessed 26.06.2022.
12. Kibanov, A. Ya., Mitrofanova, E. A., Esaulova, I. A. Economics of personnel management [*Ekonomika upravleniya personalom*]. Moscow, Infra-M publ., 2019, 427 p. ISBN 978-5-16-006018-7.
13. Erkhova, M. V., Orlova, L. V. The study of professional motivation of cadets of an aviation university [*Izucheniye professionalnoi motivatsii kursantov aviatsionnogo vuza*] *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2021, Iss. 69, Part 5, pp. 113–115. DOI: 10.18411/lj-01-2021-198.
14. Erkhova, M. V. Research on motivation profiles of cadets-air traffic controllers [*Issledovanie motivatsionnykh profilei kursantov-aviadispatcherov*]. *Regional economy: topical issues and new trends. III International Scientific and Practical Conference (April 17–23, 2017, Russia, Ulyanovsk)*: *Collection of scientific works*. Ulyanovsk, UISTU publ., 2017, pp. 103–109. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29264490>. Last accessed 26.06.2022.
15. Ritchie, S., Martin, P. Motivation Management: Study guide for universities. [Edition in Russian]. Transl. from English, ed. by prof. E. A. Klimov. Moscow, YUNITI-DANA publ., 2004, 399 p. ISBN 0-566-08102-4 (English); ISBN 5-238-00599-7 (Russian).
16. Erkhova, M. V., Kalugina, E. A. Study of career orientations of civil aviation pilots [*Issledovanie karernykh orientatsii pilotov grazhdanskoi aviatsii*]. *Konkurento-sposobnost v globalnom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii*, 2017, Iss. 11 (58), Part 1, pp. 29–33. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34921969>. Last accessed 26.06.2022.

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 named after Air Chief Marshal B. P. Bugaev, Ulyanovsk, Russia, m.v.erhova@mail.ru.

Shumkova, Lyudmila G., Ph.D. (Pedagogy), Vice-Rector for Educational Work of Ulyanovsk Civil Aviation Institute named after Air Chief Marshal B. P. Bugaev, Ulyanovsk, Russia, uvauga_osod@mail.ru.

Article received 18.05.2022, approved 15.09.2022, accepted 04.10.2022.





The Influence of the Socionic Characteristics of a Pilot on the Features of Perception and Interpretation of Displayed Flight Instrument Information



Olga V. ARINICHEVA



Aleksey V. MALISHEVSKY

Olga V. Arinicheva¹, Aleksey V. Malishevsky²

*^{1, 2} St. Petersburg State University of Civil Aviation,
St. Petersburg, Russia.*

✉ ¹ 2067535@mail.ru.

ABSTRACT

The article continues a series of papers by the authors of the results of the study on perception and interpretation by a pilot of visual information provided by flight instruments. The data presented refer to experiments conducted in 2021–2022 with a sample of 50 cadet pilots. According to V. A. Sychev, the well-known aviation professor, in the piloting technique, perceptual errors are most common. Among many flight instruments important for piloting an aircraft, there is one whose influence on the «Loss of control in-flight» (LOC-I) problem is the greatest – this is the attitude indicator. Several catastrophes are associated with perceptual errors of the readings of attitude indicators. One of the most tragic accidents of this kind was the crash near Perm on September 14, 2008, of a Boeing-737 aircraft.

The paper presents the results of a comparative study carried out to identify individual differences in perception and interpretation by tested cadet pilots of the roll indications on the attitude indicator with the «inside-out» and «outside-in» display options. During task performance, the participants were presented with a sequential series of images in the form of slides

with roll indications of the attitude indicator with different display options. The experiment was carried out using a stationary Eye Tracker Tobii REX device. The analysis and processing of the data obtained was carried out using a special computer software developed by A. P. Plyasovskikh at the All-Russian scientific Research Institute of Radio Equipment. The participants to the experiment underwent also psychodiagnostics using Keirsey and MM-1 socionic tests. Results were subject to mathematical processing with correlation analysis and G-sign test.

The arguments given by some authors in favour of the «outside-in» version of the indication were fully confirmed since the number of errors when determining the side of the roll on the «inside-out» display of the attitude indicator turned out to be seven times higher than on the «outside-in» display. The hypothesis that socionic characteristics are predictors of the pilot's correct perception and interpretation of visual instrumental information has not been confirmed. It is possible that the absence of significant correlations was also influenced by the significant uniformity in the socionic characteristics of the surveyed persons.

Keywords: air transport, artificial horizons, socionic characteristics, perception, eye-tracker, flight safety.

For citation: 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 (102), pp. 208–216. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-11>.

*The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.*

INTRODUCTION

«The spatial disorientation of an aircraft (AC) pilot poses an extremely serious threat to flight safety since further development of situation, as a rule, causes serious consequences, such as a difficult spatial position, an aircraft upset; stall, that is, those that are classifying the events as belonging to «Loss of control in-flight» (LOC-I) category» [1, P. 212; 2, P. 46]. This statement can be confirmed by one of the numerous examples of this kind can, e.g., the incident on February 19, 1985, with the Boeing 747SP-09 of China Airlines flying from Taipei to Los Angeles over the Atlantic [3]. But if in the above case the LOC-I incident occurred due to inattention and distrust of the flight instruments on behalf of the aircraft commander, then the situation becomes much worse when the aircraft pilot misperceives the readings of the flight instrument, that is, when a «perceptual error» occurs [4, P. 35].

Therefore, the study of predictors that affect the correct perception and interpretation by an aircraft pilot of displayed information of flight instruments is, without a doubt, an important and relevant problem.

STATEMENT OF THE PROBLEM

«Clarity and distinctness of perception are of decisive importance for success of any kind of human activity. The more accurate is the perception, the more fully the person reflects the object of his activity, the more productive are his actions: he acts as he perceived» [4, P. 34]. According to the well-known aviation professor V. A. Sychev, «the most common errors in flying technique are errors in perception, less often are errors in assessing the situation and decision, and even less often are errors in implementing the decision, i.e., in motion»¹. However, among many instruments important for aircraft piloting, attitude indicator² should be distinguished. Its influence on the LOC-I problem is difficult to overestimate. Thus, the well-known aviation psychologist, Professor V. V. Kozlov writes [5] referring to [6; 7]: «Aviators know that how long aviation exists, as long there are disputes about

how the roll indication should be displayed on the attitude indicator: inside-out³ («from the plane to the ground, i.e., the symbol of the aircraft is stationary, but the «ground» is movable), outside-in⁴ («from the ground to the plane, i.e., the symbol of the aircraft is movable, but the «ground» is motionless»). At the same time, there are periods when the acuteness of the discussion on this problem subsides and it seems that it (the problem) has been solved, however, a new aviation accident with a spatial disorientation established during the investigation raises the problem of the type of roll indication with renewed vigour. Until today, despite numerous experimental studies on reliability of pilot actions when using attitude indicators with different roll display types, there has not been an unambiguous opinion in air professional community both in our country and abroad. On the contrary, a paradoxical situation has arisen when publications provide data in favour of the outside-in roll display type, and the [aerospace] industry (especially abroad) manufactures and installs on aircraft mainly attitude indicators of inside-out roll display type» [5, P. 108]^{5, 6, 7}.

Very impressive results of an experiment are described in detail in works [6; 7] by the well-known aviation psychologist P. A. Kovalenko. In this experiment, «37 pilots of one of the leading Russian airlines, under conditions simulating a catastrophe, were determining the

³ If translated literally, the authors' term is «direct». It is also known as inside-out, moving-horizon–fixed-aircraft, horizon-moving display type. – *Ed. note.*

⁴ If translated literally, the authors' term is «reverse». It is also known as outside-in, moving-aircraft-fixed-horizon, moving airplane display type. – *Ed. note.*

⁵ Previc, F. H., Ercoline, W. R. The «outside-in» attitude display concept revisited. *The International Journal of Aviation Psychology*, 1999, Vol. 9 (4), pp. 377–401. https://doi.org/10.1207/s15327108ijap0904_5. [Access restricted for subscribers]. – *Ed. note.*

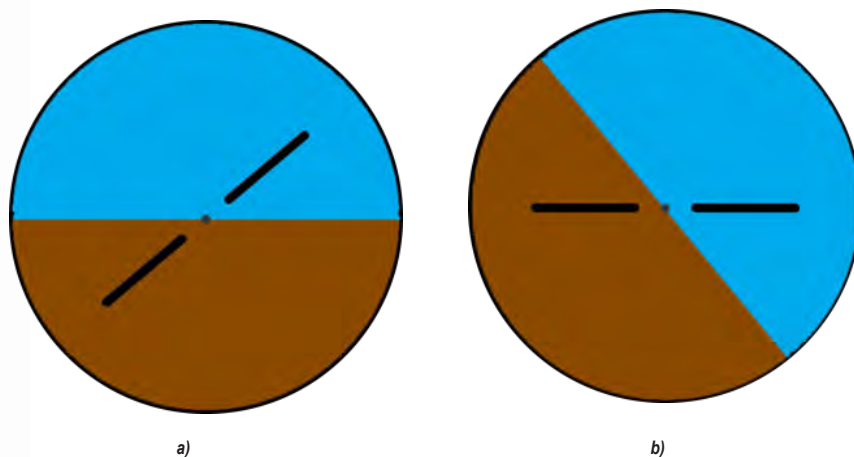
⁶ Self, B. P., Breun, M., Feldt, B., Perry, C., Ercoline, W. R. Assessment of Pilot Performance Using a Moving Horizon (Inside-Out), a Moving Aircraft (Outside-In), and an Arc-Segmented Attitude Reference Display. Paper presented at the RTO HFM Symposium on «Spatial Disorientation in Military Vehicles: Causes, Consequences and Cures», held in La Coruña, Spain, 15–17 April 2002, and published in RTO-MP-086. [Electronic resource]: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/avs/offices/aam/cami/library/online_libraries/aerospace_medicine/sd/media/MP-086-30.pdf. Last accessed 07.08.2022. – *Ed. note.*

⁷ Yamaguchi, M., Proctor, R. W. A Compatibility Analysis of Attitude Display Formats. *International Symposium on Aviation Psychology*, 2009, pp. 355–360. [Electronic resource]: https://corescholar.libraries.wright.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1058&context=isap_2009. Last accessed 07.08.2022. – *Ed. note.*

¹ Sychev, V. A. Flight training A manual for initial training of pilots in circular flight. All-Union Voluntary Society for Promotion of Aviation. Moscow, DOSARM publ., 1950–1952. In 2 volumes, 1950, Vol. 1, 196 p. [Electronic resource]: <http://akvictoria.by/wp-content/uploads/2016/02/B.-A.-Сычев-Обучение-полёту-Часть-1-1950.pdf>. Last accessed 27.09.2022.

² Previously it was called gyro horizon or artificial horizon. – *Transl. note.*





Pic. 1 Display images of the attitude indicator: a) inside-out, b) outside-in [2, P. 47; 9, P. 283].

spatial position and turning the aircraft into level flight using the attitude indicator with an inside-out roll and pitch display type. While doing that, 29 pilots (78,4 %) made mistakes in determining the direction of roll and pitch, they made 61 (16,4 %) mistakes in determining the direction of roll and 44 (11,9 %) mistakes in determining the direction of pitch, that is they confused left and right roll, as well as pitching and diving. There were recorded illusions about spatial mobility and control of the ground (instead of aircraft) in flight, which may be one of the most important causes of subsequent catastrophic outcomes» [6: No. 2, P. 9; No. 3, pp. 10–11; No. 4, P. 11; No. 5, P. 9; 7, P. 2].

Such a catastrophic outcome, when it was the perceptual error of the pilot in reading inside-out display of the attitude indicator that became the cause of the outcome, occurred near Perm on September 14, 2008. Based on the results of the investigation of this catastrophe⁸, the IAC in section 5 (5.5) «Recommendations for improving flight safety», among other things, recommended: «to organise and conduct studies to analyse the conditions for spatial disorientation by aircraft crews and getting into a difficult spatial position issuing practical recommendations to improve flight safety; to develop and implement, based on the results of the work, a special advanced training course for flight crews (of upset recovery type), providing for inclusion of theoretical and practical parts in it» [6, No. 2, P. 10; 7, P. 3]. As a matter of fact, the experiment described by

P. A. Kovalenko in papers [6; 7] was carried out within the framework of these recommendations.

Both persons involved in Perm accident were familiar with the outside-in display. Judging by the average flight time of the experiment participants ($9918,8 \pm 1101,9$ and $6382,7 \pm 1052,6$ hours [6, No. 2, P. 10; 7, P. 3] for commanders and co-pilots, respectively), they at least well knew it too (about half or more of their entire flight hours [6, No. 3, P. 18; 7, P. 31]). Therefore, the question arises whether these results are consequence of a «force of habit», either of a shortcoming of the AI with inside-out display, and whether there are predictors that affect correct perception and interpretation of displayed flight instrument information by the pilot.

The *objective* of this article is to clarify the issues of the advantages of inside-out and outside-in display types.

MATERIALS AND METHODS

A comparative analysis was based on an experiment that, besides fixing the immediate results of the tasks performed by the participants, also employed a stationary Eye Tracker Tobii REX device to obtain additional information about the main areas of attention focus while perceiving a visual image⁹. «The analysis and processing of the data obtained was carried out using a special computer software (developed by A. P. Plyasovskikh, chief designer of the Research and Development Centre for Air Traffic Management of the All-Russian scientific Research Institute of Radio Equipment), designed to analyse various aspects of gaze shift

⁸ Final report on the results of the accident investigation: Boeing-737- 500 VP-BKO 14.09.2008. [In Russian]. Interstate Aviation Committee. [Electronic resource]: https://mak-iac.org/upload/iblock/c2d/vp-bko_report.pdf. Last accessed 27.09.2022.

⁹ Tobii. [Electronic resource]: <https://www.tobii.com/>. Last accessed 27.09.2022.

in the process of performing a given exercise» [8, P. 129]. «A comparative study was carried out on revealing individual differences in perception and interpretation of the roll readings of attitude indicator among the experiment participants [1; 2; 9] with «inside-out» and «outside-in» display options (Pic. 1). The task was presented as a series of slides sequentially shown to the tested person and containing roll readings of attitude indicators of both types. A total of 20 slides were shown, ten pieces of each type interspersed, on which a given roll of 10, 20, 30, 40 and 50 degrees was presented in both display options. The task was preceded by instructions that also emphasised that the task must be completed as quickly and as accurately as possible» [2, P. 46]. The Table 1 shows the list of the evaluated indicators and their designations.

For psychological diagnostics, tests were used that determine the socionic characteristics of the experiment participants:

- Socionic MM-1 test [10].
- Psychological type test developed by David West Keirsej [11].

Since there are significant differences in the conceptual approaches used in these tests [12; 13], it was decided to use both tests together.

The R programming language^{10, 11} was used to analyse the results along with correlation analysis [14] and G-sign test [15].

This experiment involved 50 cadet pilots of St. Petersburg State University of Civil Aviation (SPbGU GA) studying at their 3rd to 5th year. All the participants had previously attended flight and simulator training exclusively using only AI of inside-out display type. That is, unlike the participants in the previously described experiment [6; 7], AI of outside-in display type were not familiar to them, but rather «alien».

The experiment was carried out in two stages.

At the first stage (spring 2021), under the guidance of O. V. Arinicheva, A. D. Voitik and V. D. Knyazheva tested 47 students of the fifth year at SPbGU GA pursuing Flight Operations Management course. The experiment results were partially published in the papers [1; 2; 9].

At the second stage (winter-spring 2022), also under the guidance of O. V. Arinicheva, P. M. Lavretsky and V. S. Mezentshev tested

Table 1

Indicators assessed during
the experiment and their
designations [performed by the authors]

Indicators	
L/R	roll direction
N _{L/R}	number of errors in determining the roll direction
γ	roll angle value in degrees
Δ _γ	average value of the error in determining the roll angle in degrees
N _γ	number of errors in determining the roll rate
N _Σ	total number of errors (N _{L/R} + N _γ)
T	amount of time spent
Remark:	
all indicators were evaluated for «direct» (D) and «reverse» (R) indications, as well as in total (S) for both.	

Note: all indicators were evaluated as for inside-out (IO) and outside-in (OI) display types, and for the sum (S) of two types.

another 40 students of the third- and fourth years at SPbGU GA pursuing Flight Operations Management course.

The present study operates only the data of those 50 (24+26) participants who completed both socionic tests [10; 11]. Other psychodiagnostic methods are not considered in the article. The experiment was conducted on a voluntary basis, in accordance with the basic bioethical rules¹².

RESULTS AND DISCUSSION

It should be noted that both stages of the experiment fully confirmed the opinion of V. V. Kozlov [5], P. A. Kovalenko [6; 7] and a number of other researchers about the advantages of the outside-in display option.

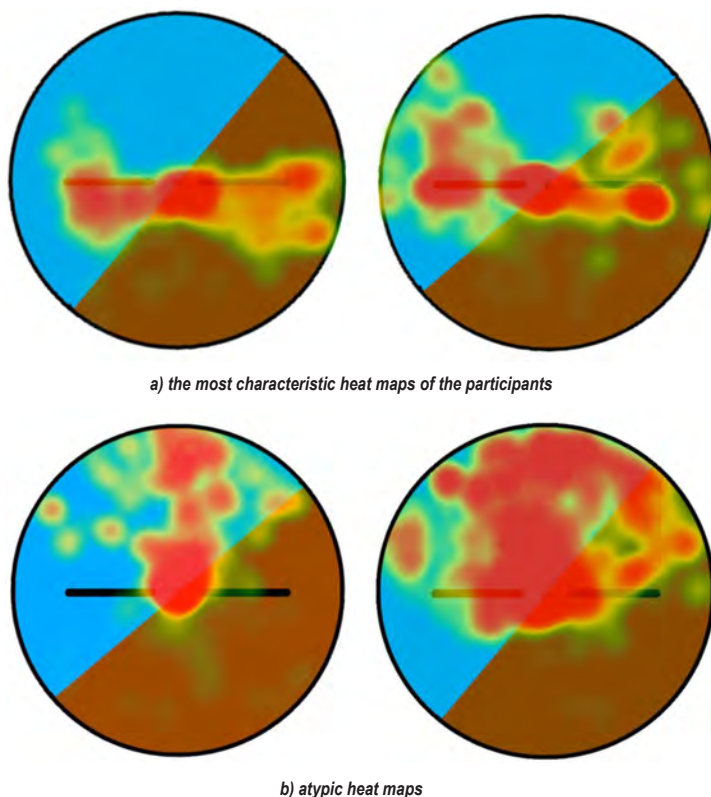
If we consider only the results of 50 participants to the experiment, then the average time spent by them to proceed with a slide in outside-in display mode is less by 12 %, or by half a second, than for the inside-out mode ($T_{IO}/10 - T_{OI}/10 = 4,42 - 4,23 = 0,49$ s). Also, the number of errors in determining the roll in outside-in display mode is 6 % less, and the average error in determining the roll angle (Δ_γ), per one error in determining it, is 11 % less. In general, out of 50 participants, 21 participants as compared to 10 persons have fewer errors when determining the roll angle (N_γ) using outside-in display type, than when using inside-out

¹⁰ Research & Statistical Support Services. University Information Technology. [Electronic resource]: <http://it.un.t.edu/research>. Last accessed 07.08.2022.

¹¹ The Free Software Foundation. [Electronic resource]: <https://fsf.org/>. Last accessed 07.08.2022.

¹² Ushakov, E. V. Bioethics: Textbook and Educational Aid for Higher Schools. Moscow, Urait publ., 2019, 306 p. ISBN 978-5-534-01550-8.





Pic. 2. Examples of heat maps generated for the entire task as a whole [performed by the authors].

one (19 people have the same number of errors per each type of the display). Therefore, according to the G-sign test [15], while considering the measurements according to inside-out and outside-in display types as «different indicators of the same subjects» [15, P. 76], and for the level of statistical significance $p \leq 0,05$ [15, P. 323], it is possible to consider reliable the predominance of a «typical» shift in the accuracy of determining the roll angle for outside-in indication as compared to inside-out indication ($G_{EMP} = 10 \leq 10 = G_{CP0,05}$).

But these differences between the results of the experiment for inside-out and outside-in indications, for all their importance, cannot be even compared with what was revealed by the difference in the values of $N_{L/R IO} = 35$ according to the results of 11 people, and $N_{L/R OI} = 5$ of 4 people. The difference was of seven times (!!!) in the number of errors and almost three times (!) in the number of those who had made mistakes, what is very significant. The result of 7 % of errors with inside-out indications is less than 16,4 % in a similar experiment [7], but since the conditions of experiments are not identical, we can only say that there are identical trends.

It turns out that students, who used exclusively AI with inside-out indication during their studies, in the majority, used the outside-in indication faster and more accurately. And only a single mistake in perception of AI readings turned out to be fatal.

The use of Eye Tracker in the experiment «made it possible to identify several points that seem appropriate to be investigated in the future. Thus, the resulting heat maps, which display the areas of predominant focus of attention of the participants during the task (see Pic. 2) are quite curious» [1]. Heat maps and 47 participants (fifth year of study) of the first stage of the experiment, and 40 participants of the second stage (third and fourth years of study) showed that in both samples there were people whose attention distribution zones have pronounced differences from distribution, characteristic of the most participants. In most cases, «the main zones of focused attention and that for both types of indications were located along the symbol of the aircraft (Pic. 2a). However, in some cases, the locations of these zones have obvious differences, for example, they are located perpendicular to the silhouette of the aircraft or spread out over the entire upper semicircle (Pic. 2b). These differences are significantly noticeable

Table 2

Number of correlations between data obtained using Eye Tracker [performed by the authors]

First value	Second value	r_{corr}	Conclusion on correlation strength	Conclusion on correlation significance	
T_{IO}	$N_{\Sigma IO}$	+0,4299	moderate	$p \leq 0,01$	highly significant
T_{IO}	$N_{L/RIO}$	+0,3099	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{IO}	$N_{\gamma IO}$	+0,3501	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{IO}	$\Delta_{\gamma IO}$	-0,2880	weak	$p \leq 0,05$	significant
T_{OI}	$N_{\Sigma OI}$	+0,3573	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{OI}	$N_{L/ROI}$	-0,2461	weak	$p \leq 0,05$	significant
T_{OI}	$N_{\gamma OI}$	+0,3217	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{OI}	$\Delta_{\gamma OI}$	+0,0607	very weak	$p > 0,01$	insignificant
T_S	$N_{\Sigma S}$	+0,3805	moderate	$p \leq 0,01$	highly significant
T_S	$N_{L/RS}$	+0,2944	weak	$p \leq 0,05$	significant
T_S	$N_{\gamma S}$	+0,3127	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_S	$\Delta_{\gamma S}$	-0,2461	weak	$p > 0,01$	insignificant
$N_{\gamma IO}$	$\Delta_{\gamma IO}$	+0,1977	very weak	$p > 0,01$	insignificant
$N_{\gamma OI}$	$\Delta_{\gamma OI}$	+0,3610	moderate	$p \leq 0,01$	highly significant
$N_{\gamma S}$	$\Delta_{\gamma S}$	+0,1500	very weak	$p > 0,01$	insignificant

on the heat maps of the participants developed following the entire task» [2, P. 47; 9, P. 286].

The attention should be paid to «the fact of prevailing concentration of attention of the experiment participants on the upper part of the monitor screen» [2, p. 48] that was also recorded at both stages of the experiment, confirming the observations noted in our work [20]. This is clearly seen in Pic. 2.

Table 2 shows some correlations between the data that were obtained using Eye Tracker, more precisely, using the special computer software developed by A. P. Plyasovskikh, which made it possible, in particular, to record with high accuracy the time intervals spent by the participants on one or more another operation.

As can be clearly seen from the results presented in Table 2, especially for inside-out indication (index IO) there is a paradoxical picture: the more time is spent viewing the slide (the participants adjusted the time themselves), the more mistakes were made.

The results of the experiment are generally alarming. So, one of the participants managed to make a mistake with the definition of the side of the roll nine (!) times out of ten slides with inside-out roll indication. Two other participants also made eight and six mistakes out of ten, respectively. At the same time, all three spent not a record, but longer (more than 1,5 times) time to view the slide. What is this? Reluctance to

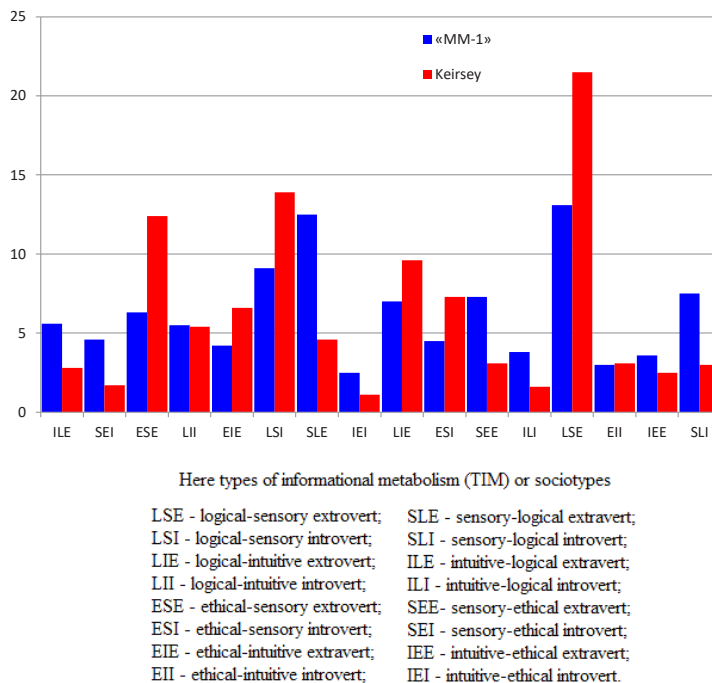
stress? Alternatively, nevertheless, is this the obvious shortcoming of professional psychological selection, which we have already written about more than once [21; 22]?

Also, within the framework of this study, a hypothesis was put forward that one of the predictors that affect the correctness of the pilot's perception and interpretation of displayed instrument information can be associated with socionic characteristics. After all, it is believed that socionics determines the type of informational metabolism (TIM), i.e., «a way of exchanging information of a certain system with its environment, which determines the processes of obtaining, processing and transmitting information to the outside, and the predominant direction of these processes» [12; 23]. To check it, all participants underwent a psychodiagnostic examination with MM-1 [10] and Keirsey [11] tests. The resulting socionic models of the surveyed group are shown in Pic. 3.

Although the models obtained from these two different tests are clearly outwardly different, there is a highly significant correlation of average strength between them ($0,5 < r_{corr} = 0,6495 < 0,7$; $H_{cr,0,001} = 2,87 > H_{act} = 2,52 > 2,41 = H_{cr,0,01}$, i.e., $p \leq 0,01$) [14; 15; 24].

It was not possible to confirm the hypothesis that socionic characteristics affect the correctness of the pilot's perception and interpretation of displayed instrument information. As can be seen





Pic. 3. Socionic models of the surveyed group [performed by the authors].

from Table 3, even significant correlations between the data obtained with Eye Tracker (more precisely, as already mentioned, with the help of its data processing software) and socionic characteristics do not exceed moderate strength values ($0,5 < r_{\text{corr}} < 0,7$).

The worst results in terms of time spent were obtained by the participants whose socionic model was dominated by the sensory component (M_{SL}).

CONCLUSIONS

The arguments in favour of the outside-in version of the indication, stated by several authors [5–7; 16–18], have been fully confirmed. The number of errors committed by participants to the experiment, when determining the roll side using inside-out indication of the AI, turned out to be seven times higher than when using the outside-in indication.

The hypothesis that socionic characteristics are predictors of the pilot's correct perception and interpretation of displayed flight instrument information has not been confirmed. Moreover, the worst indicators of sensory pilots clearly do not correspond to theoretical prerequisites, since (according to socionic theory [25]) they are «sensory people with a well-developed spatial orientation due to a reliable system of sensory organs».

It is possible that the absence of significant correlations was also influenced by the significant uniformity in the socionic characteristics of the participants. The same sensory component in the socionic model of the group of participants according to Keirsey test is 67,5 %, and according to MM-1 test it is equal to 64,9 %. Any fluctuations in this case will be reflected in the correlations. But most likely, one should consider, as V. V. Kozlov writes, that «there are people for whom the inside-out view of the roll indication is «closer to heart», and they easily determine the spatial position of the aircraft using such attitude indicators. On the contrary, it is more difficult for them to do this with attitude indicator with outside-in roll indication. Consequently, in some people, the innate mental mechanisms of spatial orientation do not have a geocentric coordinate system (I am mobile, and the ground is motionless), but egocentric one (I am motionless, and the ground is mobile). It is impossible to say whether this is good or bad. However, according to several studies, there are much fewer people with an egocentric coordinate system, and they make up to 15–20 %. It becomes obvious that by creating attitude indicators with inside-out roll indication, we are going against the nature of those who have a geocentric coordinate system in their psyche. And vice

Table 3

The most significant correlations between Eye Tracker data and socionic characteristics [performed by the authors]

First value	Second value	r_{corr}	Conclusion on correlation strength	Conclusion on correlation significance	
T_s	K_{ILl}	-0,3127	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_s	K_{EII}	-0,2967	weak	$p \leq 0,05$	significant
T_s	M_{SLE}	+0,3040	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_s	$M_{S/I}$	+0,3175	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{IO}	K_{LIE}	+0,3223	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{IO}	M_{SLE}	+0,3252	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{IO}	$M_{S/I}$	+0,2794	weak	$p \leq 0,05$	significant
T_{IO}	ξ_M	-0,2890	weak	$p \leq 0,05$	significant
T_{OI}	K_{ILl}	-0,3420	moderate	$p \leq 0,05$	significant
T_{OI}	K_{EII}	-0,2994	weak	$p \leq 0,05$	significant
T_{OI}	$M_{S/I}$	+0,3192	moderate	$p \leq 0,05$	significant
N_{ES}	K_{LIE}	+0,2914	weak	$p \leq 0,05$	significant
$N_{L/RS}$	K_{LIE}	+0,3095	moderate	$p \leq 0,05$	significant
N_{EIO}	K_{LIE}	+0,3685	moderate	$p \leq 0,01$	highly significant
$N_{L/RIO}$	K_{LIE}	+0,3486	moderate	$p \leq 0,05$	significant

Note: K and M are the components of the socionic model of a person (SMP) [12] according to Keirsey and MM-1 test, respectively, the index for them is TIM, to which the corresponding component of the SMP belongs, and ξ_M is the coefficient of suitability according to socionic characteristics (according to MM-1 test) [12].

versa, the use of attitude indicators with outside-in display creates difficulties in operations for those pilots whose psyche functions is functioning in an egocentric coordinate system» [5, pp. 109–110].

It can be supposed that this coordinate system may not be connected in any way or very weakly connected with socionic characteristics. This issue is still to be researched.

However, the authors fully agree with the conclusions drawn in [5–7]:

1.«The results obtained indicate the viciousness of the concept of inside-out roll indication and the need to replace it with a outside-in indication on all civil aviation aircraft» [6, No. 5, P. 25; 7, P. 104].

2. «It is necessary to select for civil aviation people only with a geocentric coordinate system of functioning of the mental mechanisms of spatial orientation. For this purpose, a special test should be used in professional psychological selection» [5, P. 110].

3. «Equip aircraft with attitude indicators with outside-in type of roll indication, corresponding to functioning of the mental mechanisms of spatial orientation of people with a geocentric coordinate system» [5, P. 110].

Our studies, although they, of course, require continuation, have demonstrated feasibility of a number of directions in the study of the issue.

REFERENCES

1. Vojtik, A. D. Different types of roll indication and their perception by the pilot. *Problemy letnoi ekspluatatsii i bezopasnost poletov*, 2021, Iss. 15, pp. 212–216. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48701658>. Last accessed 07.08.2022.

2. Arinicheva, O. V., Lebedeva, N. A., Malishevsky, A. V., Arefiev, R. O. Investigation of errors in determining the roll using attitude indicators with various types of indication [*Issledovanie oshibok opredeleniya krena s pomoshchyu aviagorizontov s razlichnymi vidami indikatsii*]. Actual problems and prospects for development of civil aviation: *Proceedings of 10th International scientific-practical conference* (Irkutsk, October 14–15, 2021). Irkutsk branch of Moscow State Technical University of Civil Aviation. Irkutsk, 2021, pp. 45–50. [Electronic resource]: http://if-mstuca.ru/konferentciia/images/Sborniki/Sbornik_X_NPK-2021_tom_2.pdf. Last accessed 07.08.2022.

3. Aircraft accident report. China Airlines Boeing 747-SP. N4522V 300 nautical miles northwest of San Francisco, California February 19, 1985. National Transportation Safety Board. PB86–910403. NTSB/AAR-86/03. USA, Washington, D.C., 1986, 46 p. [Electronic resource]: <https://www.ntsb.gov/investigations/AccidentReports/Reports/AAR8603.pdf>. Last accessed 07.08.2022.

4. Alyakrinsky, B. S. Fundamentals of aviation psychology [*Osnovy aviatsionnoi psikhologii*]. Moscow, Vozdushnyi transport publ., 1985, 312 p. [Electronic resource]: <https://rusist.info/book/5918799>. Last accessed 07.08.2022.



5. Kozlov, V. V. To the pilot about the pilot from the psychophysiology of flight work [*Pilotu o pilote ot psikhofiziologa letnogo truda*]. Moscow, Belyi veter publ., 2017, 256 p. [Electronic resource]: <https://avam-avia.ru/novosti/o-chelovecheskom-faktore-dlya-pilotov/>. Last accessed 07.08.2022.
6. Kovalenko, P. A. Additional psychological investigation of the impact of inside-out indication in attitude indicators on the crash of Boeing-737 aircraft on 14.09.08 near Perm [*Psikhologicheskoe «dorassledovanie vliyaniya «pryamoi» indikatsii v aviagorizontakh na katastrofu samoleta Boeing-737 14.09.08 pod Permyu*]. *Problemy bezopasnosti polyotov* [Flight Safety Problems], 2011, Iss. 2, pp. 9–28, Iss. 3, pp. 10–28, Iss. 4, pp. 11–28, Iss. 5, pp. 9–18. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15595840>. Last accessed 07.08.2022.
7. Kovalenko, P. A. The detrimental effect of «direct» indication in artificial horizons on the crash of Boeing-737 aircraft on 14.09.08 near Perm and other accidents. Additional psychological «investigation» [*Pagubnoe vliyanie «pryamoi» indikatsii v aviagorizontakh na katastrofu samoleta Boeing-737 14.09.08 pod Permyu i drugie aviaproisshestiya*]. *Psikhologicheskoe «dorassledovanie»*. Moscow, MGOU publ., 2011, 107 p. [Electronic resource]: <http://www.usability.ru/sources/Kovalenko-Aiagorizont-2011.pdf>. Last accessed 07.08.2022.
8. Gerasimenkova, A. E., Girenko, I. Yu., Dibrova, A. A. [et al]. Possible ways to improve the professional psychological selection of air traffic controllers [*Vozmozhnie puti sovershenstvovaniya professionalnogo psikhologicheskogo otdora dispetcherov organizatsii vozdušnogo dvizheniya*]. *Problemy letnoi ekspluatatsii i bezopasnost poletov*, 2018, Vol. 12, pp. 127–145. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36333041>. Last accessed 07.08.2022.
9. Arinicheva O., Lebedeva N., Malishevskii A., Arefyev R. Attitude Indicators in Bank Angle Determination: A Study of Errors. Proceedings of 10th International Conference on Recent Advances in Civil Aviation. Eds.: O. A. Gorbachev, X. Gao, B. Li. Singapore, Springer, 2022, pp. 281–289. DOI 10.1007/978-981-19-3788-0_24.
10. CRM in Russia: Training of a strong commander (5th edition). Psychodiagnostics [*CRM Rossii: Trening silnogo komandira (pyataya redaktsiya)*]. *Psikhodiagnostika*. Comp. by A. V. Malishevsky, N. F. Mikhailik. 2nd ed., rev. and enl. St. Petersburg, Publishing House of the Academy of Civil Aviation, 2000, 40 p.
11. Keirsey, D. Please Understand Me II: Temperament, Character, Intelligence. Del Mar, CA, US: Prometheus Nemesis Book Company, 1998, 350 p. [Electronic resource]: <https://archive.org/details/pleaseunderstand00keir>. [Access restricted for subscribers].
12. Leichenko, S. D., Malishevsky, A. V., Mikhailik, N. F. Human factor in aviation: Monograph in 2 volumes. Vol. 2 [*Chelovecheskiy faktor v aviatsii: Monografiya v 2 t. T.2*]. St. Petersburg, GU GA; Kirovograd, GLAU, 2006, 512 p. [Electronic resource]: <https://rusist.info/book/836911>. Last accessed 29.09.2022.
13. Bukalov, A. V. On the difference between socionics and Myers-Briggs typology. *Sotsionika, mentologiya i psikhologiya lichnosti*, 2003, Iss. 6 (51), pp. 62–64. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28359782>. Last accessed 29.09.2022.
14. Ventzel, E. S. Probability Theory: Textbook [*Teoriya veroyatnostei: Uchebnik*]. 11th ed., stereotype. Moscow, KnoRus publ., 2010, 664 p. ISBN 978-5-406-00476-0.
15. Sidorenko, E. V. Methods of mathematical processing in psychology [*Metody matematicheskoi obrabotki v psikhologii*]. St. Petersburg, Social-psychological center, 1996, 349 p. ISBN 5-9268-0010-2.
16. Grigoriev, I. I. Russia has lost orientation in types of indication by attitude indicators [*Rossiia poteryala orientirovku v vydakh indikatsii na aviagorizontakh*]. *Problemy bezopasnosti polyotov* [Flight Safety Problems], 2011, Iss. 2, pp. 28–46. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15595841>. Last accessed 29.09.2022.
17. Chuntul, A. V. Which attitude indicators are safer for the flight? [*S kakimi aviagorizontami letat' bezopasnee?*]. *Problemy bezopasnosti polyotov* [Flight Safety Problems], 2011, Iss. 4, pp. 29–40. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16326288>. Last accessed 29.09.2022.
18. Zemlyanoy, A. F. Considering inside-out and outside-in indication of spatial position of the aircraft [*Rassmotrenie voprosa priamoy i obratnoy indikatsii prostranstvennogo polozheniya VS*]. *Problemy bezopasnosti polyotov* [Flight Safety Problems], 2013, Iss. 4, pp. 16–38. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19119487>. Last accessed 29.09.2022.
19. Kopysov, V. Kh. Indication on attitude indicators [*Indikatsiya na aviagorizontakh*]. *Nauchnyi vestnik UI GA*, 2016, Iss. 8, pp. 19–24. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26727532>. Last accessed 29.09.2022.
20. Arinicheva, O. V., Lebedeva, N. A., Malishevskii, A. V. Application of eye-tracking technology as a diagnostic tool for assessing flight operators. Part 1: Analise of flight operators' attention distribution and switching using eye-tracking. *Transport Problems*, 2020, Vol. 15, Iss. 3, pp. 167–179. DOI: 10.21307/tp-2020-042.
21. Arinicheva, O. V., Malishevskiy, A. V. Shortcomings of the existing professional selection of pilots and the challenge of its improvement. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2016, Iss. 6, pp. 41–51. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26254884>. Last accessed 07.08.2022.
22. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V. Professional selection of personnel: is the «Guideline» of 2001 out of date [*Professionalniy otbor personala: ne ustarelo li «Rukovodstvo» 2001 goda*]. *Airport Partner*, 2017, Iss. 5 (119), pp. 24–27.
23. Arinicheva, O. V., Malishevskii, A. V. Back to Jung: are the authors of this article socionics? *Sotsionika, mentologiya i psikhologiya lichnosti*, 2017, Iss. 2, pp. 42–51. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29827179>. Last accessed 07.08.2022.
24. Rumshisky, L. Z. Mathematical processing of experimental results [*Matematicheskaya obrabotka rezul'tatov eksperimenta*]. Moscow, Nauka publ., 1971, 192 p. [Electronic resource]: <https://lib-bkm.ru/10016>. Last accessed 07.08.2022.
23. Augustinavičiūtė, A. Socionics [*Sotsionika*]. Moscow, Chernaya belka publ., 2016, 464 p. ISBN 978-5-91827-023-3.

Information about the authors:

Arinicheva, Olga V., Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Civil Aviation Flight Operation and Flight Safety at St. Petersburg State University of Civil Aviation (SPbGU GA), St. Petersburg, Russia, 2067535@mail.ru.

Malishevsky, Aleksey V., Ph.D. (Eng), Associate Professor at the Department of Civil Aviation Flight Operation and Flight Safety at St. Petersburg State University of Civil Aviation (SPbGU GA), St. Petersburg, Russia, 9909395@bk.ru.

Article received 05.08.2022, updated 14.11.2022, approved 18.11.2022, accepted 21.11.2022.



BIG RAIL «BREAKTHROUGH» 218

Impact of the vector and pace of economic development of Russia on railway transportation: from the first Russian railway to large-scale network.



HISTORY WHEEL

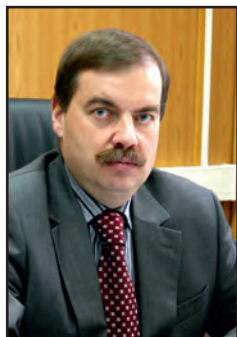


NEWS 110 YEARS BEFORE 227

What rail topics were highlighted in newspapers and research journals?



Railway Network Development and the «Big Economic Breakthrough» in Russia



Dmitry A. MACHERET

Dmitry A. Macheret

Joint Scientific Council of JSC Russian Railways, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

✉ macheretda@rambler.ru.

ABSTRACT

Rail transport has a very significant impact on development of the economy and society. The objective of the study described in the article is to identify, using the methods of historical and statistical analysis, the relationship between development of the Russian railway network and the «big economic breakthrough» that took place from 1885 to 1914 and brought the country to a fundamentally higher level of development.

The analysis begins with a review of the previous period of 1861–1884, during which cardinal institutional changes were carried out and a large-scale railway network was created that connected all the main economic regions of the European part of Russia. Due to this, even then high rates of industrial growth were ensured, but the growth was very volatile.

It has been revealed that during the period of the «big economic breakthrough» it was possible not only to accelerate, but also to increase sustainability of economic development. These results were based on a significant level of availability of railway

infrastructure for population already reached by the beginning of the «big economic breakthrough», allowing continuing dynamic development of railway transport and achieving growing intensity of employment of the railway network. The synergy of institutional and transport infrastructure development was of great importance. Due to this, the Russian economy during the period of the «big economic breakthrough» became the world record holder in terms of growth in industrial production and labour productivity, while a significant increase in the human development index was also achieved.

Thus, the study of the relationship between development of the railway network and the «big economic breakthrough» in Russia at the end of 19th – the beginning of 20th century has shown the importance of the synergy of institutional and infrastructural and transport development for successful economic and social modernisation and demonstrated the key role that railway transport in this process.

Keywords: railways, «big economic breakthrough», institutional transformations, industrial growth, infrastructural development, modernisation, population mobility, history and transport economics.

For citation: 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. 218–226. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-12>.

The text of the article originally written in Russian is published in the first part of the issue.

Текст статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

INTRODUCTION

185 years ago, the first railway, namely Tsarskoselskaya, was opened in Russia. Small in length (about 27 km), it, of course, could not significantly change the transport accessibility for a huge country. However, its construction and the start of operation was the first, fundamentally important, step towards creation of a network of Russian railways, «that type of transport communications, in an inseparable unity with which the Russian economy and culture were formed» [1, P. 163] that will happen during next, now almost two, centuries.

Tsarskoselskaya railway «in many respects determined the prospects for development and establishment of the traditions of railways in Russia... Its construction proved that the climate of northern Russia cannot interfere with the regular operation of railways» [2, P. 118]. This can be called the main result of construction and operation of the railway, but it is far from the only one. It should also be noted such important results as:

- Acquisition of operating experience of the first steam locomotives.
- Solution of several engineering issues necessary for construction of railways in various regions of Russia.
- Use of crushed stone ballast.
- Development of instruments for financing construction of railways and alienation of land required for this construction.
- Introduction of turnouts and signalling.
- And, finally, «a peculiar, incomparable railway service architecture was born» [2, P. 121].

At that time, construction of railways was a key factor in industrial development, and, in general, socio-economic modernisation, as emphasised by several researchers [3–9]. And for Russia, considering the vast expanses of the country, development of railways was especially important [10, P. 322].

Various aspects of the influence of railway transport on development of the economy and society in our country are reflected in many studies, in particular [10–16]. In this paper, attention will be focused on the relationship between development of the Russian railway network and the «big economic breakthrough» [17, P. 469], which took place from 1885 to 1914 and brought the country to a fundamentally higher level of development. *Methods* of

historical and statistical analysis were used to identify and evaluate this relationship.

RESULTS

Institutional Changes and Creation of the Railway Network, Preceding the «Big Economic Breakthrough»

Consideration of the stated topic should start with the previous period of 1861–1884, during which cardinal institutional transformations had been carried out (in Russian historiography they were called the «Great Reforms» of Alexander II [18, P. 435]), and a large-scale railway network had been created that had connected all the main economic regions of the European part of Russia among themselves and with seaports, which made it possible «to begin a decisive transition from extensive methods and forms of natural economy to intensive methods of capitalist production on a large scale» [19, P. 67].

The most important institutional transformations carried out in the 1860s–1870s were the peasant, zemstvo, judicial and military reforms. In addition, financial reforms, reforms in the field of education and urban management were carried out [18, pp. 435–436]. In addition to the fact that the reforms carried out created conditions for a radical modernisation of the economy and public life, they were of fundamental importance for development of railways. In particular, one of the results of financial reforms was the transformation of the Ministry of Finance into the sole manager of all state revenues and expenditures, which played an important role in financing railway construction. And the local authorities created as a result of the zemstvo reform at the provincial and district levels played an active, although often ambiguous role in railway construction [20].

To ensure high rates of railway construction, formation of a special institution of railway concessions was important, i.e., a mechanism of a kind of public-private partnership, which made it possible to attract private capital, including from the world market, under government guarantees [20; 21].

Due to these institutional transformations, in the period 1861–1884, high rates of industrial development were ensured (Table 1) and large-scale railway construction was launched. If at the end of 1860 the entire Russian railway network was about 1,6 thousand km, then during this period almost 1 thousand km railways were put into operation annually (Table 2). In general,



Table 1

Indicators of the dynamics of industrial production in the Russian Empire, 1861–1914

Periods		Industrial production index in the year preceding the beginning of the period, %	Average annual growth rate of industrial production, %	Indicators of variation in the dynamics of industrial production, percentage points	
				Variation span	Average linear deviation
The period of institutional transformation preceding the «big economic breakthrough» (1861–1884)		100	4,7	61,6	9,3
The period of the «big economic breakthrough» (1885–1914)		300,6	5,9	16,9	2,7
Including:	I stage (1885–1900 years)	300,6	7,4	9,1	2,6
	Stagnation (1901–1905 years)	939,5	1,15	11,1	3,0
	II stage (1906–1914 years)	994,5	6,0	5,2	1,4

Source: calculated by the author based on data [22].

during the period under review, industrial production increased more than three times, and the length of the railway network by 15,5 times.

Of course, given the low starting positions, the country needed further and even faster industrial development. The growth of the length of the railway network ahead of the dynamics of industrial production created an infrastructural basis for such an acceleration, which is a clear manifestation of the law of the advancing development of transport infrastructure [24]. It

should be noted that, with a very high average annual increase in industrial production in 1861–1884, the variation indicators [25, P. 106] of its dynamics testified to volatility of industrial growth. The range of variation in annual industrial growth rates exceeded 60 percentage points, and their average deviation from the average annual growth rate, taken in absolute terms, was almost twice as high (Table 1). Undoubtedly, it was desirable not only to accelerate, but also to increase sustainability of

Table 2

Indicators of development of the railway network in the Russian Empire, 1861–1914

Periods		The length of the railway network in the year, preceding the beginning of the period, thousand km	Average annual commissioning of railways, km	Average annual growth rate of the length of the railway network, %	Indicators of variations in commissioning of railways, km	
					Variation span	Average linear deviation
The period of institutional transformation preceding the «big economic breakthrough» (1861–1884)		1,6	967	12,15	2856	642
The period of the «big economic breakthrough» (1885–1914)		24,8	1521	3,5	5171	857
Including:	I stage (1885–1900 years)	24,8	1762	4,9	5171	1006
	Stagnation (1901–1905 years)	53,0	1571	2,8	2417	646
	II stage (1906–1914 years)	60,8	1064	1,6	2333	635

Source: calculated by the author based on data [23].



industrial growth, which was achieved during the period of the «big economic breakthrough».

Industrial Growth and Development of Railways during the Years of the «Big Economic Breakthrough»

By the beginning of the «big economic breakthrough» in Russia, a railway network with a total length of almost 25 thousand km had been created, and the level of transport accessibility for the population exceeding 2 km/10 thousand inhabitants was reached, which, as established in [15; 26], was a critically important value for cardinal economic and social modernisation.

During the «big economic breakthrough», industrial production growth rates increased significantly, while their volatility drastically decreased (Table 1), i.e., sustainability of economic development has qualitatively increased. At the same time, this period was not homogeneous: it distinguishes two stages of dynamic growth and the period of stagnation of 1901–1905 that separates them [17, P. 467].

As for the first stage of the «big economic breakthrough» (1885–1900), not only its beginning was largely due to the previous creation of a significant railway network, but its entire further course is closely connected with development of the railway industry. The average annual commissioning of railway lines compared with the period of 1861–1884 increased by 1,8 times, and in 1899 over 5 thousand km of railway lines were put into operation [23, P. 35], which is a record figure in the history of the country. As a result, the total length of the railway network

more than doubled during the first phase of the «big breakthrough». At the same time, not only did the density of railways increase in the European part of the country, but active railway construction began in Siberia, Transbaikalia, and Central Asia [27, pp. 90–102].

Providing reliable interconnections between various, including very remote, regions of Russia, railway transport has become the main factor in the intensive process of «forming a single system of the national economy of the country, based on the stable specialisation of individual regions and the division of labour between them» [28, P. 275]. The marketability and specialisation of agricultural production increased [10; 29], the domestic market developed rapidly, and the rate of urbanisation increased sharply [26; 28]. In addition, supply orders related to construction and increasingly intensive operation of railways directly stimulated development of industry, and, above all, the most important industries of that era: coal and oil mining, ferrous metallurgy, and engineering. If «in the mid-1860s there was practically no rail production in Russia, steam locomotives were made by a sole Aleksandrovsky plant (several pieces a year), ...almost all Russian railways were built from foreign materials» [10, P. 274], then already during the first stage of the «big breakthrough», a completely different picture was observed. The Russian steam locomotive building «almost completely satisfied the enormously increased needs of railway transport», and «the Russian car building fully covered the increased domestic demand for railway cars»





[28, pp. 279, 282]. The production of steam locomotives, which was less than 10 units in 1865, increased to 1005 by 1900, production of cargo cars, over the same period, grew from 201 to 30596 units, of passenger cars – from 10 to 1284 units [28, P. 306]. In the 1890s, railway transport «consumed from 54 to 65 % of the total iron and steel production of Russian metallurgy» [28, P. 277], which, responding to the growing demand from the railways, developed dynamically. Thus, steel production from 1865 to 1900 increased by 562 times, cast iron – by 9,8 times, and the production of rails – by more than 21,5 times [28, P. 305].

Such a significant role of railway supply in stimulating industrial production gives grounds for the conclusion that stagnation that began in 1901 «apparently was largely associated with completion of the main work on construction of the Trans-Siberian Railway, which had stimulated economic growth in previous years» [30, P. 141]. Indeed, after the record commissioning of railway lines noted above in 1899, it subsequently decreased, however, in 1900 and 1901 it was very significant – over three thousand km per year. Economic stagnation, of course, was associated with the global financial crisis caused by credit expansion at an underestimated interest rate, which led to inefficient investments [29, P. 230]. The decrease in the volume of railway supply provisions probably served as an additional impetus to the completion of the first stage of the «big breakthrough», however, sooner or later, the cancellation of the «fictitious capital» formed due to speculative growth, accompanied by

a decline in the sectors of the real sector of the economy, was inevitable [31–33]. However, even during the years of stagnation, the average annual growth rate of industrial production remained positive (see Table 1), and the average annual commissioning of railways only slightly decreased compared to the level of the first stage of the «big breakthrough», still exceeding 1,5 thousand km (see Table 2). It is noteworthy that during this period, the average annual growth rate of the length of the railway network again, as in the years preceding the «big breakthrough», was about 2,5 times faster than the growth rate of industrial production, due to which, by the end of economic stagnation, the length of the railway network exceeded 60 thousand km. This is yet another example of operation of the law of accelerated development of transport infrastructure: in the context of a slowdown in economic growth, ensuring high dynamics of infrastructure development creates the basis for a new rise.

Therefore, agreeing with the opinion that the rise achieved at the first stage of the «big breakthrough» «allowed to seriously increase the volume of the country's fixed capital», which laid the «foundation for successful functioning of Russian industry at the second stage of the economic breakthrough, in the period from 1906 to 1914» [17, pp. 468–469], it should be supplemented. It was the development of railway transport, which continued dynamically even during the years of stagnation, and the capital invested in it that played a key role in shaping the conditions for the second stage of the «economic breakthrough».

Table 3

Dynamics of cargo turnover and cargo intensity on the railway network of the Russian Empire during the years of the «big economic breakthrough» and in the previous period

Years	Cargo turnover		Cargo intensity	
	mln t•km	growth index	thous. t•km/km	growth index
1865	571	1	151	1
1885	11236	19,7	435	2,9
1900	36662	64,2	692	4,6
1907	42932	75,2	659	4,4
1913	65670	115,0	951	6,3

Source: calculated by the author based on data [23; 28; 35].

This conclusion, of course, in no way diminishes the significance of the institutional changes that led to implementation of the second stage of the «big breakthrough». «The most important event carried out in the field of economics was the Stolypin reform», which gave the peasants the opportunity to obtain land ownership, as well as «the right to sell their land and use the proceeds for urban development» [17, P. 167]. It was also possible to settle down on the lands of Siberia and the Far East, which had great potential for economic development and manifestation of private initiative. But the possibility of relatively easy resettlement both in the city (not necessarily in the nearest one, but in the one where the prospects seemed to be the best), and beyond the Urals was due to the presence of «an extensive network of railways, including... the Trans-Siberian Railway» [34, P. 95], i.e., there is a synergy of institutional and transport-infrastructurel development.

During the second stage of the «great economic breakthrough», the dynamics of industrial production was, although somewhat lower than in the first stage, but much more stable – volatility of its rates decreased significantly (see Table 1). The pace of construction of new railways has significantly decreased (see Table 2), however, on average, more than 1 thousand km of railway lines were commissioned per year. At the same time, the average annual increase in cargo turnover was about 7 %, i.e., it was higher than the dynamics of industrial production. In other words, railway transport continued to develop rapidly, but to a greater extent not due to the expansion of the network, but due to its more intensive use, an increase in cargo intensity (Table 3).

It is important to note that, for all the importance of railway transportation of grain cargo, both for export and for the domestic market, industrial goods dominated the cargo turnover. At the same time, the share of coal, the most important type of energy and industrial raw material in that era [36], increased from about 10 % of the total cargo turnover at the beginning of the period of the «big economic breakthrough» to 20 % by its end [35].

The long-term growth in cargo turnover outpaced the increase in cargo volumes due to the increase in the distance of transportation. If in 1870 the average distance of cargo transportation was about 300 km [28; 29], then at the second stage of the «big breakthrough» it was about 500 km [35]. This means that the trend of a long-term increase in the average transportation distance, characteristic of the largest railway systems over the past century and, above all, during periods of stable economic development [37, pp. 148–149], and which is important for economic growth, appeared on Russian railways already in the second half of 19th and early 20th centuries.

Passenger turnover, in turn, grew much faster than the population (which, by the way, had very high dynamics [38]), which indicated an increase in population mobility, one of the key factors of economic growth [26] and an indicator of social modernisation [14]. The indicator of population mobility most relevant to this process, defined as the ratio of passenger turnover to the total population of the country, showed more than a fourfold increase during the period of the «big economic breakthrough» (Table 4).

It should be noted that the increase in the mobility of the population was due not only to the development of the railway network and an





Table 4

Dynamics of passenger turnover of railways and mobility of the population of the Russian Empire during the years of the «big economic breakthrough»

Years	Passenger turnover		Population mobility when travelling by rail	
	mln pass•km	growth index	pass•km/person	growth index
1885	3,3	1	30,3	1
1900	9,7	2,9	72,9	2,4
1907	13,9	4,2	93,3	3,1
1913	22,3	6,8	130,4	4,3

Source: compiled and calculated by the author based on data [26; 35].

increase in well-being, but also to the introduction of differentiated passenger tariffs and the reform of passport legislation in 1894, as well as to creation in 1896 of special tariffs for short-distance traffic, which were one third lower than for the long-distance one [14].

A very good general description of the role of railways in social and economic development during the second stage of the «big economic breakthrough» is given in [10, P. 823]: «The growth of cities and industry was helped by... the correct setting of the railway economy. Railways served the interests of the population perfectly and at the same time did not burden the treasury. Cheap differential fares for passengers and goods have greatly helped rapid economic and educational growth».

During the years of the second stage of the «big economic breakthrough», «the final

formation of the traditions of national railway transportation took place. The established powerful capitalist economy... determined the nature of the commodity movement along the Russian railways. In general, the Russian railways before the First World War certainly satisfied the needs for transportation of goods» [2, pp. 476, 478].

CONCLUSION

During the period of the «big economic breakthrough», the Russian economy was «the absolute record holder both in terms of industrial output growth and labour productivity growth» [39, P. 488]. Due to this, it took the fifth place in the world in terms of industrial production, while becoming one of the leaders in terms of the engineering level of industry; fourth place in the world in production of cars

and the size of the national income; third place – in terms of national wealth [40, P. 361]. But not only purely economic indicators improved, human potential grew which is the main wealth of modern society. The human development index, which considers the average per capita GDP, the level of education and average life expectancy, increased over this period by about 1,5 times [39, P. 337].

According to modern researchers, with continuation of established development trends, «Russia was separated by only a few decades from becoming a prosperous economy in all respects» [41, P. 248].

At the same time, the country had the second longest railway network in the world [35], which continued to expand dynamically and was very intensively used: cargo intensity was comparable to the railways of the USA and Great Britain and significantly exceeded the railways of France, Italy, and Japan [42].

The high level of railway development was a key factor in socio-economic results achieved. The «big economic breakthrough» of Russia at the end of 19th and beginning of 20th century shows the importance of the synergy of institutional and infrastructural and transport development for successful economic and social modernisation, the country's transition to a qualitatively higher level of socio-economic development, demonstrating the key role played by Russian railways.

In 20th century, when rail transport entered the stage of innovative renaissance [43], the socio-economic significance of its development again increases, provided on an innovative basis, considering synergy and convergence with fundamentally new transport systems and technologies [44–46].

REFERENCES

1. Golts, G. A. Culture, economy, transport: using their interrelations in forecasting. *Studies on Russian Economic Development*, 2000, Iss. 1, pp. 152–167. [Electronic resource]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9127482>. Last accessed 03.10.2022.
2. Vulfov, A. B. History of Railways of the Russian Empire [*Istoriya zheleznikh dorog Rossiiskoi imperii*]. Moscow, RIPOL Classic, 2016, 744 p. ISBN 978-5-386-08589-6.
3. Cameron, R. A Concise Economic History of the World: From Palaeolithic Times to the Present. N.Y., Oxford University Press, 1993, 496 p. ISBN 0-19-507446-7.
4. Rosenberg, N., Birdzell, L. E. How the West Grew Rich: The Economist Transformation of the Industrial World. N.Y., Basic Book, 1986, 416 p. ISBN 1850430160.
5. Chandler, A. The Visible Hand. Cambridge, Harvard University Press, 1999, 621 p. ISBN 0-674-94052-0.
6. Razuvaev, A. D. The history of development of inland transport infrastructure: technology and economic aspects. Part 1. *World of Transport and Transportation*, 2021, Vol. 19, Iss. 6 (97), pp. 92–102. DOI: 10.30932/1992-3252-2021-19-6-11.
7. Izmaikova, A. V. Waves of railway innovative development. *World of Transport and Transportation*, 2015, Vol. 13, Iss. 5 (60), pp. 26–38. [Electronic resource]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/download/512/801>. Last accessed 03.10.2022.
8. Macheret, D. A., Valeev, N. A., Kudryavtseva, A. V. Formation of the railway network: diffusion of epochal innovation and economic growth. *Ekonomicheskaya politika*, 2018, Vol. 13, Iss. 1, pp. 252–279. DOI: 10.18288/1994-5124-2018-1-10.
9. Razuvaev, A. D. Economic assessment of creation, evolution and strategic development of transport infrastructure (on the example of railway transport) [*Ekonomicheskaya otsenka sozdaniya, evolyutsii i strategicheskogo razvitiya transportnoi infrastruktury (na primere zheleznodorozhnogo transporta)*]. Moscow, Prometei publ., 2021, 286 p. ISBN 978-5-00172-251-9.
10. Davydov, M. A. Twenty years before the Great War: Witte-Stolypin Russian modernization [*Dvadsat let do Velikoi voyny: rossiiskaya modernizatsiya Vitte-Stolypina*]. St. Petersburg, Aletheya publ., 2016, 1081 p. ISBN 978-5-906705-04-4.
11. Lapidus, B. M. Railway business: how to get on the main track [*Zheleznodorozhnyi biznes: kak vstat na glavnyy put*]. Moscow, Print Market publ., 2011, 384 p. ISBN 978-5-904571-19-1.
12. Levin, D. Yu. Development of the Russian railway network in 19th century [*Razvitie seti zheleznikh dorog Rossii v XIX veke*]. Moscow, TS for education on railway transport, 2014, 395 p. ISBN 978-5-89035-716-8.
13. Levin, D. Yu. Construction of the Great Siberian Route. *World of Transport and Transportation*, 2020, Vol. 18, Iss. 3 (88), pp. 190–213. DOI: 10.30932/1992-3252-2020-18-190-213.
14. 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_Mobilität_und_sozialer_Raum_im_Eisenbahnzeitalter_Stuttgart_2014. Last accessed 03.10.2022.
15. 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. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18060073>. Last accessed 03.10.2022.
16. Aksyonenko, N. E., Lapidus, B. M., Misharin, A. S. Railways of Russia: from reform to reform [*Zheleznie dorogi Rossii: ot reformy k reforme*]. Moscow, Transport publ., 2001, 335 p. ISBN 5-277-02257-0.
17. Gerschenkron, A. Economic Backwardness in Historical Perspective. Transl. from English. Moscow, Publishing house «Delo» of RANEP, 2015, 534 p. ISBN 978-5-7749-0877-6.
18. Alexander II. Great Russian Encyclopaedia. Vol. 1. Moscow, Scientific publishing house «Great Russian Encyclopaedia», 2005, pp. 435–437. ISBN 5-85270-320-6.
19. Zagorsky, K. Ya. Economics of transport [*Ekonomika transporta*]. Moscow-Leningrad, Gosizdat publ., 1930, 368 p. [Electronic resource]: https://www.studmed.ru/zagorskiy-ky-ekonomika-transporta_77670b556c4.html. Last accessed 03.10.2022.
20. Golovachev, A. A. History of railway business in Russia [*Istoriya zheleznodorozhnogo dela v Rossii*]. Moscow, Publishing house «Delo» of RANEP, 2016, 568 p. ISBN 978-5-7749-1167-7.
21. Golubev, A. A. Concession-induced prosperity of the Russian railroads. *Otechestvennye zapiski*, 2013, Iss. 3 (54),



- pp. 271–282. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21218781>. Last accessed 03.10.2022.
22. Smirnov, S. V. Dynamics of industrial production in the USSR and Russia. Part I. Reconstruction experience, 1861–2012 [Dinamika promyshlennogo proizvodstva v SSSR i Rossii. Chast I. Opyt rekonstruktsii, 1861–2012 gody]. Voprosy ekonomiki, 2013, Iss. 6, pp. 59–83. DOI: 10.32609/0042-8736-2013-6-59-83.
23. Sotnikov, E. A., Levin, D. Yu., Alekseev, G. A. The history of development of the system for managing the transportation process in railway transport (domestic and foreign experience) [Istoriya razvitiya sistemy upravleniya perevozhchnym protsessom na zheleznodorozhnom transporte (otechestvennyy i zarubezhnyy opyt)]. Moscow, Tekhninform publ., 2007, 237 p. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23489611>. Last accessed 03.10.2022.
24. Tsypin, P. E., Razuvaev, A. D., Ledney, A. Yu. On quantitative assessment of creation of transport infrastructure reserves [O kolichestvennoy otsenke sozdaniya rezervov transportnoi infrastruktury]. Modern economic problems of development and operation of transport infrastructure. Proceedings of II International scientific-practical conference. Moscow, RUT (MIIT) publ., 2021, pp. 132–136. ISBN 978-5-6044050-7-9.
25. General Theory of Statistics [Obshchaya teoriya statistiki]. Ed. by A. Ya. Boyarsky, G. L. Gromyko. Moscow, Publishing house of Moscow University, 1985, 376 p. [Electronic resource]: https://www.studmed.ru/boyarskiy-aya-obschaya-teoriya-statistiki_2338133c89b.html. Last accessed 03.10.2022.
26. Macheret, D. A. Role of population density, mobility and the movement of material goods in different concepts of economic growth. Voprosy teoreticheskoy ekonomiki, 2021, Iss. 4 (13), pp. 50–78. DOI: 10.52342/2587-7666VTE_2021_4_50_78.
27. History of railway transport in Russia, 19th–21st centuries [Istoriya zheleznodorozhnogo transporta Rossii, XIX–XXI vv.]. Ed. by E. I. Pivovarov. Moscow, Meshcheryakov Publishing House, 2012, 736 p. ISBN 978-5-91045-509-6.
28. Soloviyova, A. M. Railway transport in Russia in the second half of 19th century [Zheleznodorozhnyy transport Rossii vo vtoroy polovine XIX v.]. Moscow, Nauka publ., 1975, 318 p. [Electronic resource]: <https://vas-s-al.livejournal.com/930457.html>. Last accessed 03.10.2022.
29. Lyashchenko, P. I. History of the national economy of the USSR. Volume II. Capitalism [Istoriya narodnogo khozyaistva SSSR. Tom II. Kapitalizm]. Moscow, Gospolitizdat publ., 1952, 736 p. [Electronic resource]: <https://vas-s-al.livejournal.com/778694.html>. Last accessed 03.10.2022.
30. Smirnov, S. V. Dynamics of industrial production in the USSR and Russia. Part II. Crises and cycles, 1861–2012 [Dinamika promyshlennogo proizvodstva v SSSR i Rossii. Chast II. Krizisy i tsikly, 1861–2012 gody]. Voprosy ekonomiki, 2013, Iss. 7, pp. 138–153. DOI: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2013-7-138-153>.
31. Mises, L. von. Business Cycle Theory. Transl. from English. Chelyabinsk, Socium publ., 2019, 875 p. ISBN 978-5-91603-071-6.
32. Mises, L. von. Human Action: A Treatise on Economics. Transl. from English. Chelyabinsk, Socium publ., 2019, 875 p. ISBN 978-5-91603-071-6.
33. Macheret, D. A. Economic crisis and transport. World of Transport and Transportation, 2010, Vol. 8, Iss. 2 (30), pp. 4–13. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=14983800>. Last accessed 03.10.2022.
34. Macheret, D. A., Epishkin, I. A. Mutual influence of institutional and transport factors of economic development: a retrospective analysis [Vzaimnoe vliyaniye institutsionalnykh i transportnykh faktorov ekonomicheskogo razvitiya: retrospektivnyy analiz]. Journal of Institutional Studies, 2017, Vol. 9, Iss. 4, pp. 80–100. DOI: 10.17835/2076-6297.2017.9.4.080-100.
35. A century of railways [Stoletie zheleznnykh dorog]. Moscow, Transpechat publ., 1925, 261 p. [Electronic resource]: <https://rusist.info/book/10437580>. Last accessed 03.10.2022.
36. Smil, V. Energy and Civilization: A History. Cambridge, MA, The MIT Press, 2017, 564 p. ISBN 0262035774.
37. Macheret, D. A. What is evidenced by the hundred-year dynamics of the indicators of the largest railway systems [O chem svidetelstvuet stoletnyaya dinamika pokazatelei krupneishikh zheleznodorozhnykh sistem]. Ekonomicheskaya politika, 2016, Vol. 11, Iss. 6, pp. 138–169. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27810881>. Last accessed 03.10.2022.
38. Mironov, B. N. Russian Empire: from tradition to modernity. In 3 volumes. Vol. 3 [Rossiiskaya imperiya: ot traditsii k modern: v 3 t. T. 3]. St. Petersburg, Dmitry Bulanin publ., 2018, 992 p. ISBN 978-5-86007-858-1.
39. Gregory P. Finding Truth in Historical Data. Ekonomicheskaya istoriya: ezhegodnik, 1999, Vol. 1999, 1–500. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=28364458>. Last accessed 03.10.2022.
40. Economic history of the world: in 6 volumes [Ekonomicheskaya istoriya mira: v 6 t.]. Ed. by M. V. Konotopov. Vol. 3. Moscow, Knorus publ., 2015, 510 p. [Electronic resource]: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_02000013044/. Last accessed 03.10.2022.
41. Gregory, P. Economic growth of the Russian Empire (late 19th–early 20th century): New calculations and estimates. Transl. from English. Moscow, Rosspen publ., 2003, 256 p. ISBN 5-8243-0291-X.
42. Khachaturov, T. S. Economics of transport [Ekonomika transporta]. Moscow, Publishing House of the Academy of Sciences of the USSR, 1959, 587 p. [Electronic resource]: https://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&id=9859&c=72&Itemid=99. Last accessed 03.10.2022.
43. Railway Renaissance: fundamental scientific research and breakthrough innovations. Collective monograph of members and scientific partners of Joint Scientific Council of Russian Railways. Ed. by B. M. Lapidus. Noginsk, Analytics Rodis, 2015, 252 p. ISBN 978-5-905277-63-4.
44. Izmaikova, A. V. Economic evaluation of the innovation-oriented development of railway transport. Ph.D. (Economics) thesis [Ekonomicheskaya otsenka innovatsionno-orientirovannogo razvitiya zheleznodorozhnogo transporta. Dis... kand. ekon. nauk]. Moscow, MGUPS, 2016, 182 p. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26565350>. Last accessed 03.10.2022.
45. A Global Vision for Railway Development. Paris, UIC, 2015, 44 p. [Electronic resource]: https://uic.org/IMG/pdf/global_vision_for_railway_development.pdf. Last accessed 03.10.2022.
46. Lapidus, B. M. The future of transport. World trends with a projection on Russia [Budushchee transporta. Mirovie trendy s proektsiei na Rossiyu]. Moscow, Prometei publ., 2020, 226 p. ISBN 978-5-907224-52-8. ●

Information about the author:

Macheret, Dmitry A., D.Sc. (Economics), Professor, First Vice-Chairman of Joint Scientific Council of JSC Russian Railway; Professor at Russian University of Transport, Moscow, Russia, macheretda@rambler.ru.

Article received 16.09.2022, approved 27.11.2022, accepted 30.11.2022.



Rail News From 1912



News from the archives

The issue suggests a small collection of news from the Zheleznodorozhnoye delo [Rail Business] journal, that had reproduced them from other media of that period. The diversity of topics proves the existence of different issues that were relevant in 1912: adoption of round trips – similar to modern reduced fares for purchase of two way ticket, discussion of timeliness of emergence of rail bus in the Far East, accession of future Moscow Institute of Railway Engineers (now – Russian University of Transport) to the status of the institute of higher education. Style, lexis, punctuation are kept maximally authentic.

Keywords: transport, history of transport, rail bus, tickets.

Bus traffic on the middle part of Amur railway. – Recently 9 buses have arrived for the middle part of Amur railway, seven of which were unloaded in Ushumun and will be distributed along the highway, – two were brought to Blagoveshchensk, from where they will go to Malinovka and Ekaterinoslavka. Buses are designed to serve passenger and postal traffic on the road. On Blagoveshchensk line, due to the lack of convenient roads, there will be no bus traffic. All buses, as reported by Priamurskie Vedomosti, are equipped with Benz engines and for driving in winter with devices

for gas heating. Each bus has 11 seats, of which 8 are covered, and three are outside – for a driver, his assistant, and a postman. The roof is adapted for carriage of mail and luggage, for total 27 poods [*pood was equal to 16 kg*]. In a month, another bus is expected, adapted to travel on rails, which is intended for the route between Belogorye and the highway. With receipt of these buses, transportation of passengers and mail will grow significantly and will be more punctual. Each bus will serve its own section, with an average length of about 83 versts, so that movement will be made with

Acknowledgment: the editors express their gratitude to the staff of library of Russian University of Transport for their help in preparing the materiel.

For citation: Rail News from 1912. World of Transport and Transportation, 2022, Vol. 20, Iss. 5 (102), pp. 227–228. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-13>.

The text of the archived article originally written in Russian is published in the first part of the issue.
Текст архивной статьи на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

transfers. Buses will arrive and depart daily. For the sake of affordability, the fare is expected to be reduced from 12 to 6 kopecks a verst per person. Railway employees and persons involved in construction, as well as, with the permission of the head of work, and private individuals can use the route.

– It is impossible not to recognise such an order from the directorate of construction of Amur railway as excellent and not to wish this new kind of rolling stock to be even more widespread, and even on roads that were only supposed to be built for their preliminary revival (see «*Zheleznodorozhnoe delo*» of 1899, P. 165, «On caravan routes» and P. 299 «Khiva–Uralsk access road»). But at the same time, one cannot help but be surprised that the same Railway Construction Authority sought reasons for not supporting the petitions of a private entrepreneur, namely of A. L. Vodinsky, on the examination of Skvirsky narrow-gauge track built by him before opening for public use, but, on the contrary, forbade Mr. Vodinsky to carry out not only temporary, but also working traffic.

(«*Zheleznodorozhnoe delo*»
[*Rail Business*] based on the news
of «*Vestnik putei soobshcheniya*»
dated July 14, 1912, No. 28).

Round trips. – Apparently, the routes of round trips designed by the General Congress of representatives of Russian railways and currently submitted for approval to tariff institutions for a reduced charge compared to the usual norm should be deemed among the consequences of the recent French exhibition in Moscow. The issue of lowering the passenger fare, of course, is an old question, and from year to year, cases of individual reductions of the fare were repeated more and more often, as, for example, for scientific congresses and exhibitions, all-Russian and international ones. But before the Moscow French industrial and art exhibition, representatives of the Russian railways delved into the significance of reduced passenger tariffs, as well as various secondary amenities for travellers, with much more attention than before, and even appointed a special commission to study this issue in detail, which designed the aforementioned routes.

A total of 120 routes have been designed. In order to have a general idea of their distribution per directions, it is enough to know that the sale

of ticket books for such round trips is supposed to be carried out at the following 29 stations: Warsaw (for Warsaw–Terespol, Privislinskaya and St. Petersburg–Warsaw railways), Voronezh, Derpt, Kyiv, Kozlov, Moscow (at all six stations), Novochoerkassk, Odessa, Revel, Riga (two roads), Rostov, Ryazan, Ryazhsk, Saratov, St. Petersburg (at all stations except Tsarskoselskaya railway), Tambov, Tiflis and Kharkov.

The reduction in the normal fare for these trips is generally assumed to be 30 %, but for some routes involving Vladikavkaz railway and for all routes involving Transcaucasian and Finland railroads, a reduction of 40 % is projected.

It is impossible to deny the enormous benefit that the railways of Russia have brought; those who deny this benefit either close the truth to themselves only or count on the naivety of their listeners. By establishing a design for a round trip with 120 routes, Russian railways are obviously taking a new step for the common good. Undoubtedly, during first years after establishment of these trips, few people will use them, but over time, their use will certainly develop, and homeland studies, so lacking in our country, will acquire a new method for its lasting distribution and establishment in round trips.

Transformation of Moscow Engineering High School. – At a meeting on May 24, the Council of Ministers, among other matters, considered and approved for submission to the State Duma of the proposal of the Ministry of Railways on transformation of the Imperial Moscow Engineering School into the Moscow Institute of Railway Engineers

– We recall that during establishment of the Imperial Moscow Engineering School there were opponents of granting it the [same rights as the] rights of the Institute of Railway Engineers of Emperor Alexander I, and mainly, from the side of the Institute itself. But obviously, time has proved advantages and usefulness of the Engineering High School even with its other, lesser rights, if its proposed transformation is done with the aim of raising its qualifications.

(«*Zheleznodorozhnoe delo*»
[*Rail Business*] based on the news
of «*Vestnik putei soobshcheniya*»
dated June 2, 1912, No. 22) ●



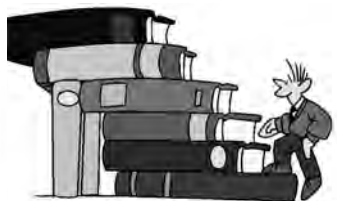
**SELECTED
ABSTRACTS
OF D.SC. AND PH.D.
THESES**

230

- *Forecasting the need for wheel sets of freight cars and improving the technology of their repair within O'zbekiston temir yo'llari.*
- *Optimisation of suburban passenger transportation based on organisation of a passenger flow.*
- *Diagnostics and forecasting of the residual life of insulation systems of traction electrical machines based on monitoring the parameters of the current state of insulation.*
- *Development and justification of structural and technological solutions for construction of additional railway tracks.*



BIBLIO-DIRECTIONS



NEW BOOKS

236

Newly published books on transport and transportation.



SELECTED ABSTRACTS OF D.SC. AND PH.D. THESES SUBMITTED AT RUSSIAN TRANSPORT UNIVERSITIES

*The texts of the abstracts originally written in Russian
are published in the first part of the issue.*

*Тексты авторефератов на русском языке
публикуются в первой части данного выпуска.*

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-14>

Gayipov, A. B. Forecasting the need for wheel sets of freight cars and improving the technology of their repair on the railways of the Republic of Uzbekistan. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Prognozirovanie potrebnosti v kolesnykh parakh gruzovykh vagonov i sovershenstvovanie tekhnologii ikh remonta na zheleznykh dorogakh Respubliki Uzbekistan. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. St. Petersburg, PGUPS publ., 2022, 17 p.

In recent years, the supply of railway cars for current repairs (CR) within O'zbekiston temir yo'llari has been continuously increasing. Sending cars for current repair causes an increase in the cost of maintaining the car fleet and damage because of train delays due to uncoupling of faulty cars from the formed trains. The main part of the reasons for uncoupling of freight cars for repairs is caused by malfunctions of wheel sets. As a result, there is a shortage of rims and car axles from time to time.

To date, the cost of wheel sets remains at a high level. The changing demand for wheel sets and the speculative increase in prices for them indicate the need to improve long-term planning of demand, considering the life cycle and consumption of rim thickness, taking into account the volume of transportation work performed. One of the main tasks for determining the right direction to solve the shortage problem is to determine the balance of rims and axles in the long term in order to minimise the risks for all participants in the transportation process.

Thus, the issues of determining the balance of wheel sets and reducing the frequency of uncoupling of cargo cars for CR by improving the system of maintenance and repair of wheel sets of cargo cars are relevant.

The objective of the work was to develop a scientifically based methodology for calculating the need for the fleet of cargo cars in Uzbekistan in all-rolled wheels and axles, taking into account the technical condition of cars and the technology for repairing wheel sets, as well as the transportation work performed.

The tasks of the work included:

- analysis of the state of the fleet of cargo cars of JSC O'zbekiston temir yo'llari and determination of indicators of their reliability in operation;
- determination of the rate of wear and mileage of wheel sets before uncoupling in relation to innovative and conventional cars;
- development of a science-based methodology for calculating the need for wheel sets of cargo rolling stock and drawing up, on its basis, a balance of wheel sets for the predicted volumes of transportation by rail;
- selection of a system for turning the profile of the tread surface, which ensures the maximum resource of the wheel set and the minimum probability of uncoupling for current repairs.

The developed science-based methodology for calculating the need for wheel sets for a cargo car fleet takes into account the cargo turnover performed by railway transport and the presence of both conventional and innovative cars in the fleet.

In the thesis, a set of studies was carried out in order to determine the need for wheels and car axles and rational ways to improve the technologies for repairing cargo car wheel sets.

The analysis of the current state of the work of railway transport – the main quantitative and qualitative indicators of the freight car fleet of the Republic of Uzbekistan – showed that the supply of cars for unscheduled repairs due to wheel set malfunctions is increasing annually, which makes research in the field of increasing the resource of wheel sets relevant.

Based on the results of the study performed to assess reliability of wheel sets of ordinary and innovative cars, it was found that for wheels of innovative cars made of steel of increased hardness of grade «T», compared with the wheels of ordinary cars made of steel of grade «2», the degree of wear of wheels is much lower and, as a result, they have increased operational reliability.

The life of wheels is influenced not only by the material of wheels and running gear, but also by the structure of the car itself and its operating conditions.

The resource of wheels of the same type in the same bogies turned out to be significantly lower for hopper cars of model 19–9870–01.

The developed science-based method for calculating the need for all-rolled wheels and axles makes it possible to assess the need for railways in them, which differs by taking into account the likelihood of changes in the flange thickness, the occurrence of slides and shelling, in order to minimise risks for all participants in the process of manufacturing, operation and repair of cargo cars.

The developed and proposed methodology for calculating the required fleet of cargo cars for the railways of Uzbekistan for the period up to 2025 makes it possible to assess the current state and the required fleet of cargo cars, taking into account the forecast of the total volume of transportation by rail.

The use of wheel repair profiles with a flange thickness of 27 mm is not rational, as this leads to a decrease in the wheel life in terms of mileage (by 1,5 times) and increases the cost of wheel turning in operation (costs are added for 2 turning when using a ridge thickness of 27 mm).

It has been established that the introduction of amendments to the regulatory documents regarding the requirements for the flange thickness of 27 mm instead of 26 mm after current repair (for cars with the remaining resource before the scheduled repair for a mileage of 60 thousand km or a period of less than 9 months) will reduce the number of uncouplings thanks to reduced need for CR-2 current repair because of thin flanges.

Replenishment of the fleet of cargo cars of JSC O'zbekiston temir yo'llari with new modern innovative cars with increased carrying capacity makes it possible to gradually reduce the need for wheels due to the large resource of new wheels.

For the railways of Uzbekistan, it is recommended to accept a minimum thickness of the flange of 24 mm and introduce the following turning system: 33–24–30 (turning factor 1,97) or 33–24–33 (turning factor 1,83).

Changing the allowable flange thickness to 24 mm can have a positive effect and reduce the number of uncouplings in unscheduled repairs. In this regard, this proposal is recommended for use.

It is advisable to keep the ridge thickness of 26 mm when delivering for loading. This will reduce the cost of current repairs of CR-2 loaded cars by reducing the work on uncoupling cars from trains.

05.22.07 – Railway rolling stock, train traction and electrification.

The work was performed and defended at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

Kopylova, E. V. Optimisation of suburban passenger transportation based on organisation of a passenger flow. Abstract of D.Sc. (Eng) thesis [Optimizatsiya prigorodnykh passazhirskikh perevozok na osnove organizatsii passazhiropotoka. Avtoref. dis... doc.tekh. nauk]. Moscow, RUT (MIIT) publ., 2022, 48 p.

The basis for development of any state is holistic, integrated development of its individual regions, the socio-economic framework of which is formed by urban agglomerations and megacities, which are the most important places for concentration of labour, industrial, cultural and other types of resources. In the Russian Federation, there are 16 megacities (cities with a population of over 1 million people) and 22 agglomerations with overall population over 1 million people each, a number of which are formed by cities with a population of less than 1 million people. The main advantage of the agglomeration is that, by

forming a common settlement system, several cities make it possible to create a single market that is equal to or greater in terms of resources than a large metropolis. The formation of urban agglomerations and the rational use of their resources to solve a number of economic, social, and environmental problems inherent in a modern urbanized society is impossible without high-quality provision of transport links. It is suburban transportation that ensures labour mobility, contributes to development of the labour market, and has a positive multiplier effect on development of the economy of individual regions and the country as a whole.

Transportation by rail is characterised by a high degree of reliability, regularity and environmental friendliness. This type of transport has the highest carrying capacity, so it can become the basis for establishing strong transport links in urban agglomerations and megacities. The measures provided for by the Concept for development of suburban passenger transportation by rail are aimed at meeting the needs of the population in high-quality transport services and creating conditions for sustainable development of suburban railway transportation. It is possible to guarantee the necessary level of accessibility of suburban transportation for the population of the country with the given parameters of quality and safety only if long-term schemes of transport services for the population are developed, taking into account the capabilities of all modes of transport.

The formation of effective schemes of transport services for the population requires the solution of a number of complex technical, technological, regulatory, economic and managerial tasks and in modern conditions is of paramount importance both for the state and its individual regions, and for railway transport as the owner of the transport infrastructure.

To solve the problems facing the railway transport, a developed information and digital environment has been created. At the same time, numerous automated systems are mainly informational. The choice of rational solutions in various areas of railway transport is up to the individual. At the same time, a person is not always able to cope with the multivariance of possible solutions. Any big data processing systems should be built using optimisation decision-making models. Such a task is also set in the Transport Strategy of the Russian Federation: «...research and development of analytical systems and mathematical models that provide support for decision-making to regulate functioning and management of development of the transport complex».

The objective of the thesis was to increase the efficiency and customer focus of suburban passenger transportation in urban agglomerations based on organisation of a suburban passenger flow.

The main objectives of the study to achieve this goal were:



- formulation of the problem of organising passenger flow based on the analysis of scientific research in the field of transport support for the population of urban agglomerations and organisation of suburban passenger transportation by rail;

- substantiation of the choice of the dynamic coordination method for optimising suburban passenger transportation based on organisation of passenger flow;

- choice of agglomeration for testing and approbation of the methodologies proposed in the thesis;

- creation of a methodology for organising suburban passenger flow based on the dynamic matching method;

- creation of a methodology for organising a multi-jet passenger flow based on a multi-product method of dynamic coordination;

- development of a technology for checking the results of calculations on optimisation models on a simulation model;

- development of a method for effective provision of suburban traffic and respect of the timetable with trains with creation of an optimisation model based on a dynamic transport problem.

The object of the study was suburban passenger transportation carried out by rail in urban agglomerations.

The subject of the study is improvement of the work of railway transport in the field of transport support for the population of urban agglomerations.

The scientific novelty of the study lies in the methodology developed for the first time for optimising suburban passenger transportation in dynamics based on organisation of the passenger flow itself, namely:

- the problem of organising passenger flow to find a consensus between the needs of passengers and the possibilities of transport is formulated;

- an optimisation model and a technology for its application for organising a homogeneous passenger flow based on the dynamic matching method is developed;

- an optimisation model and a technology for its application for organising a multistream passenger flow based on a multi-product dynamic matching method are developed;

- a method is developed to provide the threads of the suburban train schedule with trains using an optimisation model based on a dynamic transport problem.

The practical significance of the work lies in:

- application of the proposed methodologies for organisation of passenger flow in development of long-term schemes of transport services for the population in the regions;

- the possibility of forming a balanced transport system in each urban agglomeration and determining

a rational intertransport balance based on optimisation models;

- ensuring the possibility of reducing the static reserves of suburban traffic (both infrastructural and rolling stock) due to organisation of passenger flow in dynamics;

- ensuring the efficient use of suburban trains when using a dynamic transport problem for optimal provision of suburban trains with rolling stock;

- the possibility of generating reasonable proposals for development of transport infrastructure based on the use of developed optimisation models and the technology of their joint use with a simulation model;

- using the developed optimisation models based on organisation of passenger flow as a tool for the examination of the proposed design solutions to increase the capacity of suburban lines and develop the infrastructure of stations and stopping points, comprising passenger facilities, including using simulation modelling;

- creating prerequisites for effective development of urban agglomerations based on ensuring sustainable transport links between satellite cities and core cities, and, as a result, improving the quality of life of the population of the regions and the country as a whole.

Approbation of the developed methodologies for organisation of passenger flow and the method of ensuring the threads of the schedule of movement of suburban trains was carried out in Nizhny Novgorod agglomeration. This agglomeration with a population of over two million people is one of the largest in the Russian Federation, formed around Nizhny Novgorod and is monocentric. The largest settlements forming the agglomeration are Dzerzhinsk, Bor and Kstovo. In Nizhny Novgorod agglomeration, about 40 percent of enterprises and organisations are leading in the areas of development and production of aircraft, shipbuilding, and instrument making. Suburban transportation in Nizhny Novgorod agglomeration is carried out mainly by rail and road transport.

The verification of the results of calculations on optimisation models of organisation of passenger flow was carried out on a simulation model in IMETRA environment.

To solve the tasks set in the thesis, the methods of system analysis, the method of dynamic coordination, the dynamic transport problem, and simulation modeling were used.

The thesis developed the theoretical foundations for organisation of passenger flow and methodological solutions for optimising suburban passenger transportation in dynamics.

The analysis of studies in the field of suburban passenger transportation was carried out, which showed that earlier works had been carried out to optimise the transportation of a spontaneously developing passenger flow. This led to creation of not

always justified reserves of infrastructure and rolling stock. Optimisation methods were, as a rule, static, that is, they had limited capabilities when displaying the dynamics of suburban passenger transportation processes. The thesis for the first time formulated the problem of organising suburban passenger flow, that is, conscious transformation of spontaneous passenger flow into an organised one, in which the rhythms of departure of passengers from all stations in all directions are coordinated with the rhythms of arrival at the destination station, depending on certain criteria.

The method of dynamic matching has been chosen as an optimisation apparatus for organisation of passenger flow. This method allows displaying the processes of transportation, the approach of passengers to the stations of departure, waiting at the stations of departure and destination, waiting for a transfer to another mode of transport in dynamics. Any parameters can be changed during the calculation period.

An optimisation model based on a single-product dynamic matching method has been developed to transform a homogeneous passenger flow from the original to a more organised one. A technology has been developed for applying the model to search for a consensus between the interests of a passenger and transport, which makes it possible to choose from a set of formally optimal solutions the option that most satisfies the content of the problem of organising suburban passenger transportation in an urban agglomeration.

A directed iterative process has been built to streamline the sequence of experiments on the model in order to speed up the search for a rational option among the formally optimal ones. It was found that in order to find a rational meaningful option for organisation of passenger flow, it is most expedient to change two parameters when performing each new calculation on the model. Changing five or more parameters gives a hard-to-predict option. Exhaustive calculations were carried out on the example of Nizhny Novgorod agglomeration. By changing restrictions and costs (weight coefficients), when organising passenger flow, it is possible to give priority to individual stations, directions, routes of rail or road transport. Passenger flow with higher priority is subject to the least adjustment.

An optimisation model based on a multi-commodity dynamic matching method for organising a multistream passenger flow has been developed. The technology of its use has been formed. The model for organisation of a multistream passenger flow has also been worked out on the example of the transport complex of Nizhny Novgorod agglomeration. This model makes it possible to single out several segments of passenger flow in an already organised homogeneous passenger flow and take into account their specific travel requirements. The model allows setting overlapping or non-overlapping periods of the desired

arrival at the head station of passengers of each segment. Also, by changing restrictions and costs (weight coefficients) in the calculation, it is possible to set the priority of certain segments of the passenger flow in each direction or station.

A simulation model of the considered polygon of Nizhny Novgorod agglomeration has been developed using IMETRA simulation system, which allows a wide range of experiments to be carried out for a deep assessment of the results of calculations on optimisation models. The rhythms of organised passenger flow departure obtained with the help of optimisation models were tied to the schedules of electric trains. Experiments on a simulation model have shown the correctness of using optimisation models. In particular, waiting for passengers at the stations of departure and destination with an organised passenger flow is reduced. For Nizhny Novgorod agglomeration, organisation of passenger flow will reduce the unproductive waiting time for passengers at departure stations by 1,5–4,5 times, depending on the optimal option chosen from the content point of view, and at the head station by almost 2 times.

A new method for calculating the optimal turnover of electric trains using an optimisation model based on a dynamic transport problem has been developed. The method allows not only finding the best option, but also provides materials for its critical evaluation. Three options for using the method of optimising the supply of trains for the scheduled service of suburban trains are proposed. Approbation has been made on the example of suburban rail transportation in Nizhny Novgorod agglomeration. It is shown that a slight shift in one or more lines of the suburban train schedule can significantly reduce the number of trains in circulation. For instance, when using 8 trains, 11 threads of the schedule are shifted, when using 12 trains – 1 thread, when using 14 trains, no adjustment is required. Thus, when using 12 trains, it is possible to ensure a high level of customer-oriented traffic schedule while saving money on the purchase and operation of two suburban trains.

The results of the thesis research were recommended to the Centre for Corporate Governance of the Suburban Complex of JSC Russian Railways for use by suburban passenger companies in development of comprehensive plans for transport services to the population. The methodology for organising suburban passenger flow was accepted for implementation at the site of activities of JSC Volgo-Vyatskaya Suburban Passenger Company and was used in organisation of multimodal passenger transportation in Nizhny Novgorod agglomeration.

The prospects for further development of the thesis topic are that the developed methodologies can become the basis for new scientific research in the field of improving passenger transportation, taking into account their dynamics. The developed optimisation



models for organisation of suburban passenger flow require further in-depth study to ensure the effectiveness of practical implementation.

2.9.4. Transportation process management.

The work was performed and defended at Russian University of Transport.

Prokhor, D. I. Diagnostics and forecasting of the residual life of insulation systems of traction electrical machines based on monitoring the parameters of the current state of insulation. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [*Diagnostika i prognozirovaniye ostatochnogo resursa sistem izolyatsii tyagovykh elektricheskikh mashin na osnove kontrolya parametrov tekushchego sostoyaniya izolyatsii. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. St. Petersburg, PGUPS publ., 2022, 16 p.

Failures of traction electric motors (TEM) of locomotives, especially when hauling the trains, cause significant material damage to operating organisations, the largest of which is JSC Russian Railways. As a rule, more than 75 % of TEM installed on locomotives during construction or overhaul have to be changed due to malfunctions before the next overhaul. The main causes of TEM damage are low insulation resistance of the armature winding, overshoot and all-round fire, insulation breakdown on the body. The data of the statistical survey indicate the need to improve the design of the TEM insulation and the system for monitoring its current state in operation, which confirms the relevance of the topic of the thesis.

The objective of the thesis was improving reliability and durability of locomotive traction motors by improving insulation structures and the insulation condition monitoring system.

The scientific novelty of the thesis included:

- development of bases for monitoring the current state and evaluating the residual life of the insulation of TEM locomotives according to additional parameters that are not currently standardised;
- development of a technique for determining the normalising and threshold values of additional insulation parameters at the beginning of its life cycle;
- establishment of empirical dependences of changes in additional insulation parameters on the performed ton-kilometer operation of the locomotive.

The tasks were solved using the methods of planning the experiment, methods of collecting and mathematical processing of the results of the experiment, which was performed using the software packages MathCAD and Excel. Experimental studies were carried out on full-scale test benches and mainline locomotives under operating conditions.

As a result of the conducted research, new scientifically based technical solutions and developments

were obtained, aimed at improving the insulation structures and the system for monitoring the state of insulation of traction electric motors of locomotives. Their application will reduce the number of failures and unscheduled repairs of traction motors and improve the efficiency of mainline locomotives by increasing reliability and predicting the residual life of traction motors.

An analysis of statistical data on failures of locomotive TEM for 2019 and 2020 showed that 35–40 % of all failures are caused by malfunctions that occur in the design of anchors, and more than 2/3 of this number were failures caused by low resistance and breakdown of winding insulation. The given data show that the problem of increasing reliability of the insulating structure of TEM ED-118 and improving the system for monitoring the state of insulation of traction motors is relevant.

An insulation design was developed, a set of design documentation was developed and two prototypes of ED-118 motors with insulation of an increased heat resistance class H were manufactured, which passed bench tests at increased current loads and a standard cooling air flow rate. The tests confirmed the technological suitability of the developed class H insulation system for its use in the overhaul of ED-118 engines. Replacing class F insulation with class H insulation at TED ED-118 with the same fan performance will increase the allowable overheating of the windings, increase the long-term traction force of the locomotive by 10 % due to the increase in current and ensure the insulation service life of at least 20 years during normal operation.

For a more complete and reliable characterisation of the current state of TEM insulation and the likely nature of the change in its properties during further operation, it is proposed to control a set of additional parameters during its life cycle: absorption coefficient, return voltage, dielectric loss tangent, insulation capacitance. Based on the results of a survey of 158 TEMs after a major overhaul, standard values for additional parameters of the new insulation and critical threshold values to refuse an engine during acceptance tests were established.

A methodology, a program and a test stand for accelerated thermal aging of insulation have been developed. In accordance with the methodology, tests of a full-scale sample of ED-118 engine with insulation of an increased heat resistance class under load were carried out. The duration of the tests and the thermal load of the insulating structure were equivalent to the normal operation of the engine for 20 years. Based on the test results, the presence of a residual resource of the developed insulation system was confirmed, and the values of additional insulation parameters after thermal loads equivalent to the specified service life were determined.

For performance tests, two diesel locomotive sets TEM ED-118 were manufactured: one with insulation

of the standard heat resistance class F, the other with insulation of an increased class H. Based on the results of operational tests, empirical dependences of the averaged values of additional insulation parameters of classes F and H on the performed ton-kilometer operation of the locomotive were obtained, which will allow predicting the residual life of the insulation of a TEM of a specific manufacturer under operating conditions.

The criteria for rejection of TEM with new insulation during acceptance tests, as well as TEM that are in operation, according to additional insulation parameters, have been determined.

Proposals have been developed for organising control of the state of insulation of traction motors by additional parameters by means of mobile diagnostics in the conditions of service and operational depots, which will make it possible to strengthen input control when receiving traction motors from the manufacturer or repair organisation, to carry out operational control of the current state of insulation when performing technical maintenance and current repairs and predict the remaining life of the insulation of traction motors in operation.

As recommendations and prospects for further development of the topic of the thesis, it is proposed to develop algorithmic and hardware support for an on-board automated diagnostic complex that collects, stores and analyses information about the current state and residual resource of TEM insulation.

05.22.07 – Railway rolling stock, train traction and electrification.

The work was performed and defended at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

Tukmakova, A. V. Development and justification of constructive and technological solutions for construction of additional railway tracks. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Razrabotka i obosnovanie konstruktivno-tekhnologicheskikh reshenii dlya stroitelstva dopolnitelnykh zheleznodorozhnykh putei. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. Khabarovsk, FESTU publ., 2022, 20 p.

Severe natural conditions lead to the rapid appearance and development of deformations in roadbed infrastructure structures, which requires an individual approach to the choice of measures to stabilise the roadbed and their theoretical justification. Typical existing solutions used to stabilise the roadbed of double-track lines in sections with different topographic conditions are not always effective during the operation period, which manifests itself in violation of integrity of earthworks, permanent deformations, and a threat to safety and uninterrupted train traffic.

The object of the study was the roadbed of additional railway lines under construction and subject

to modernisation in the northern regions, including on permafrost soils.

The objective of the study was to develop and to theoretically substantiate technical solutions that ensure stability and durability of additional tracks, their safety when operating in difficult permafrost and ground conditions, as well as the integrity of the double-track structure.

Research objectives included:

- analysis of existing structural and technological solutions for construction of additional railway tracks and anti-deformation structures to ensure stability of a double-track and deformable roadbed;
- analysis of existing methods for substantiating stability of additional tracks and applied design and technological solutions in conditions of different topography of cold regions;
- critical analysis of completeness and sufficiency of initial data in the methods of computational and theoretical substantiation of existing and new design and technological solutions in design of additional tracks;
- experimental modelling of soil processes arising and developing during building a roadbed of the second track on soft soils;
- development of new structural and engineering solutions;
- selection of necessary and sufficient initial data for the developed methods for substantiating reliability of design and technological solutions in difficult conditions.

The work developed design and technological solutions aimed at ensuring stability of an additional roadbed under construction and modernisation in cold regions, as well as methods for calculating the strength and integrity of an existing roadbed reinforced with geosynthetic materials for laying an additional railway track. The technique can be used in design of additional tracks with the use of reinforcing layers in conditions of prolonged negative ambient temperatures and excess moisture in the soils of the construction zone.

Experimental studies, which were carried out in laboratory conditions on the basis of the Research Laboratory «Foundations and bases» of Far Eastern State Transport University, made it possible to prove reliability of results obtained by the developed calculation methods by modelling soil processes.

The analysis of existing methods for substantiating stability of additional tracks and the applied structural and technological solutions in difficult engineering and geological conditions showed a uniform approach to development of design solutions and construction of additional railway tracks.

A review and analysis of existing options for construction of additional railway tracks in cold regions, as well as anti-deformation structures to ensure durability and reliability of the roadbed showed that the most promising and resource-saving way to



ensure stability of the roadbed is the use of reinforcing layers while simultaneously draining surface and ground water from the roadbed. At the same time, a wide range of geosynthetic materials and the proven effectiveness of their reinforcing properties have not yet found mass recognition, and construction of additional railway tracks is carried out by a typical method through cutting ledges on the slopes of embankments of existing tracks.

The selection of initial data and methods of calculation-theoretical substantiation of new structural and technological solutions in design of additional tracks, a critical analysis of their completeness and sufficiency were carried out.

As a result of the experimental studies carried out and based on the monitoring data of the implemented solutions, graphical dependences of the distribution capacity coefficient and elastic moduli of ordinary soils and soils reinforced with geosynthetic materials were obtained. The use of reinforcing layers in soil structures can reduce the overall deformation of the structure and reduce the magnitude of vertical stresses. Dependences of the temperature-humidity regime were obtained for objects with provided (including filtration ground) drainage and for flooded places. The presence of a combined drainage system, which ensures the collection and removal of surface and

ground water, increases the overall stability of the drained subgrade of the railway track and reduces its deformability from deeps and subsidence by 30 %. Theoretical calculations are confirmed by field data obtained from the results of monitoring of already built facilities.

With intensive moisture saturation of soils of the embankment (on a weak base and with water saturation), the use of reinforcing layers is not a sufficient condition to ensure a stable soil structure. To ensure stability of the roadbed under such conditions, it is necessary to provide additional solutions aimed at eliminating moisture.

To ensure stability of weak foundations of the additional track, including on permafrost soils, additional structures can be used as the first layer in contact with the foundation soils, in particular, the «flexible overpass» structures according to the utility model of Far Eastern State Transport University No. 22157, «two-stage armo-drainage system» under the patent of Far Eastern State Transport University No. 2618108.

2.9.2 – Railway track, survey and design of railways.

The work was performed and defended at Far Eastern State Transport University. ●

NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

The list of titles originally edited in Russian is published in the first part of the issue.

Список на русском языке публикуется в первой части данного выпуска.

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-5-15>

Avdeeva, G. D. Reference book on the railway ecology: Training guide [*Spravochnik po ekologii zheleznodorozhnogo transporta: Spravochnoe uchebnoe posobie*]. Moscow, Training and methodological centre of railway education, 2022, 255 p. ISBN 978-5-907479-27-2.

Hachikyan, P. P. Counteraction to terrorist threats: Monograph [*Protivodejstvie terroristicheskim ugrozam na vozdušnom transporte: Monografiya*]. Moscow, Pero publ., 2022, 409 p. ISBN 978-5-00189-978-5.

History and perspectives of railway developments in Russia and abroad: Collection of papers of the 1st International scientific and practical conference, St. Petersburg, November 25, 2021 [*Istoriya i perspektivy razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossii i za rubezhom: Sbornik materialov I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 25 noyabrya 2021 goda*]. Ed. E. I. Shekhtman. Sankt-Peterburg, Renomé publ., 2022, 434 p. ISBN 978-5-00125-644-1.

Ksenofontova, T. Yu., Dalinger, Ya. M., Voronov, A. A., Hubieva, D. K. Marketing and strategic positioning of the civil aviation enterprises on interregional markets [*Marketingovoe i strategicheskoe pozicionirovanie predpriyatij grazhdanskoj aviatsii na mezhhregional'nyh rynkah: Monografiya*]. Voronezh, Nauchnaya kniga, 2022,

104 p. ISBN 978-5-907328-18-1.

Serdyuk, E. G. Social and psychological support and organisation of transport accessible environment for less mobile people: Study guide [*Sotsial'no-psihologicheskoe soprovozhdenie i organizatsiya dostupnoj sredy dlya malomobil'nykh grazhdan na transporte: Uchebnoe posobie*]. Novosibirsk, GMU, 2022, 50 p.

Shtang, A. A., Biryukov, V. V. Increasing efficiency of electric transport systems with the help of energy storage devices: Monograph [*Povyshenie effektivnosti elektrotransportnykh sistem s ispol'zovaniem nakopitelej energii: Monografiya*]. Novosibirsk, Novosibirsk state technical university publ., 2022, 258 p. ISBN 978-5-7782-4837-3.

Topical transport problems in 21st century. Works of the 1st international scientific and practical conference [April 20–21 2022] [*Aktual'nye problemy transporta v XXI veke: Trudy I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [20–21 aprelya 2022]*]. Eds. T. N. Borisova [*et al*]. Novokuznetsk, SibGIU, 2022, 258 p.

Transport and transport technological systems: Works of International science and engineering conference: In 2 vol. [*Transportnye i transportno-tehnologicheskie sistemy: Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii: v 2 tomah*]. Ed. P. V. Evtin. Tyumen, TIU, 2022. ISBN 978-5-9961-2978-2.

Volod'kin, P. P., Shirokorad, O. A., Arhipov, S. A., Ryzhova, A. S. Technology to organise passenger regular transportation: Study guide [*Tekhnologiya organizatsii passazhirskih marshrutnykh perezovozok: Uchebnoe posobie*]. Ed. R. G. Leont'ev. Khabarovsk, Pacific state university publ., 2022, 102 p. ISBN 978-5-7389-3456-8.

Compiled by N. OLEYNIK ●

AN EXPERIMENTAL LEGAL REGIME FOR DRIVERLESS TRUCKS HAS BEEN INTRODUCED ON THE M-11 NEVA HIGHWAY

The Government of the Russian Federation approved the initiative to introduce an experimental legal regime (ELR) for implementation of the Driverless Logistics Corridors initiative on the M-11 Neva highway. The program was formed with the support of the Russian Ministry of Transport at the site of the Digital Transport and Logistics Association.

The introduction of ELR will allow for three years to test digital innovations in cargo transport, primarily operation of highly automated vehicles (HAV) and infrastructure for them. Manufacturers of HAV (PJSC KamAZ, NPO StarLine), the largest carriers (LLC Globaltruck Logistic, PJSC Magnit, X5 Logistics), and the infrastructure operator, Avtodor State Company, participate in this ELR.

As Deputy Minister of Transport of the Russian Federation Dmitry Bakanov noted, the state has fulfilled its task by taking on the legal risks associated with introduction of new technology, now it is the turn of the business to ensure the development of driverless trucks and development of models for unmanned cargo transportation.

«The introduced ELR is an important result as part of the continued regulation of the use of driverless vehicles in our country. The special role of this ELR lies in the fact that it is an integral part of the beacon project «Driverless Logistics Corridors» as part of the «Technology Development Beacons» initiative of the «New Technological Environment» strategic direction, the implementation of which is under the close attention of the President and the Prime Minister, – commented Deputy Minister of Economic Development Maxim Kolesnikov.

According to Viktoriya Erkenova, Deputy Chairman of the Board for Intelligent Transport Systems and Digitalisation of Avtodor State Corporation, the company, together with HAV manufacturers, is entering the active phase of preparations for test runs of HAVs along the M-11 Neva highway. «We plan to test the information service for data exchange between the digital map and the M-11 road infrastructure, as well as various scenarios for the operation of HAV, for example,

when data on accidents, weather conditions and traffic conditions are received from the infrastructure», she commented.

Development Director of PJSC KamAZ Irek Gumerov noted that ELR will provide an opportunity to test the unmanned developments of the company on public roads, in particular, a digital map of KamAZ development will be tested, which will exchange data with the road infrastructure. «Now we are testing the driverless vehicle at our test site, after reaching agreements with retailers, we plan to start commercial transportation within the framework of ELR in the spring».

According to Polina Davydova, Executive Director of the Digital Transport and Logistics Association, ELR will allow not only to test different models of driverless vehicles, but also to test the entire chain of unmanned transportation processes in a commercial mode with participation of digital infrastructure, which will ultimately allow scaling the project to other routes.

The use of driverless vehicles on public roads will not only improve traffic safety, will contribute to creation of new types of commercial activities, but will also reduce the cost of drivers' wages by 30 % by 2025, and fuel costs by 28 %.

Driverless logistic corridor on M-11 is a pilot project. The task approved by the Government of Russia is to make 19,5 thousand kilometers of Russian public roads driverless by 2030. Technological, organisational and business solutions that will be worked out as part of ELR at M-11 will form the basis of both future transport and logistics corridors, and regulatory norms for creation, certification and operation of HAV and road infrastructure. As a result, the Russian Federation will be among the world's leading countries, while large-scale commercial transportation of goods in an unmanned mode will start.

**Based on the news
of the Ministry of Transport
of the Russian Federation:
[https://mintrans.gov.ru/press-center/
news/10435](https://mintrans.gov.ru/press-center/news/10435) ●**



**World of Transport
and Transportation**

Vol. 20, Iss. 5, 2022

Editor-in-Chief **Boris Lyovin**

For your letters:

Russian University of Transport,
World of Transport and
Transportation Journal,
9, str. 9, Obraztsova ul.,
Moscow, 127994, Russia.
Tel. +7(495)684 2877
e-mail: mirtr@mail.ru

Почтовый адрес редакции:

127994, Москва,

ул. Образцова, д. 9, стр. 9.

Российский университет

транспорта,

Издательство «Транспорт РУТ»

Тел.: (495)6842877

e-mail: mirtr@mail.ru



ISSN 1992-3252



9 771992 325778 >