МИР Транспорта

•ТЕОРИЯ •ИСТОРИЯ
•КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

3 2019 (82)

Издаётся Российским университетом транспорта. Учреждён МИИТ в 2003 году

Редакционный совет:
Б. А. Лёвин – доктор технических наук, профессор РУТ – председатель совета
В. В. Виноградов – доктор технических наук, профессор РУТ
А. К. Головнич – доктор технических наук, доцент Белорусского государственного университета транспорта
А. А. Горбунов – доктор политических наук, профессор РУТ
Б. В. Гусев – член-корреспондент Российской академии наук
Н. А. Духно – доктор юридических наук, профессор РУТ
Д. Г. Евсеев – доктор технических наук, профессор РУТ
В. И. Колесников – академик РАН, профессор Ростовского государственного университета путей сообщения
К. Л. Комаров – доктор технических наук, профессор Сибирского государственного университета путей сообщения
Б. М. Куанышев – доктор технических наук, профессор Казахской академии транспорта и коммуникаций
Б. М. Лапидус – доктор экономических наук, профессор
Д. А. Мачерет – доктор экономических наук, профессор РУТ, первый заместитель председателя Объединённого учёного совета ОАО «РЖД»
Л. Б. Миротин – доктор технических наук, профессор Московского автодорожного государственного технического университета (МАДИ)
А. В. Сладковски – доктор технических наук, профессор Силезского технологического университета (Республика Польша)
Ю. И. Соколов – доктор экономических наук, профессор РУТ
Тран Дак Су – доктор технических наук, профессор Университета транспорта и коммуникаций (Ханой, Вьетнам)
Т. В. Шепитько – доктор технических наук, профессор РУТ

СОДЕРЖАНИЕ

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ

Владимир ГРИДИН, Виктор ДОЕНИН, Владимир ПАНИЩЕВ, Игорь БЫСОВ
Нейронная сеть для прогнозирования нагрузок энергопотребления сортировочного узла 6

Дмитрий ПАСТУХОВ, Наталья ВОЛОСОВА, Александра ВОЛОСОВА
Некоторые методы передачи QR-кода с помощью стеганографии . . . 16

Дмитрий МАЧЕРЕТ
Свобода передвижения и особенности транспортных систем. 40

Николай ДУХНО
Транспорт и транспортное право: исторические взаимосвязи и перспективы. 56

НАУКА И ТЕХНИКА

Анатолий ЗАЙЦЕВ, Павел ТРОИЦКИЙ
Моторвагонные грузовые электропоезда – альтернатива локомотивной тяге. Сравнение и анализ. 72

Игорь ПОПОВ
Инертно-ёмкостной накопитель энергии для маневрового тепловоза . .82

Алаа Эльдин МАНСУР
Модальный анализ круглых симметрических пластин с помощью обобщённого метода конечных разностей 88

ЭКОНОМИКА

Дмитрий ДУРАКОВ, Владимир ЛОБЫНЦЕВ, Станислав ПОЛЕВ
Технико-экономические показатели внедрения сглаживающих реакторов нового типа 100

Анастасия КУЛАЧИНСКАЯ
Совершенствование тарифов на транспортные услуги населению с учётом их социальной значимости 114

Салтанат БАДАМБАЕВА, Елена БОРОДИНА, Евгения ПРОКОФЬЕВА
Взаимодействие морского и железнодорожного транспорта на примере порта Актау 122

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Валентина КАЗАРИНА, Вячеслав ПОДВЕРБНЫЙ
Принятие решения по выбору варианта трассы железнодорожной линии 140

Дмитрий МОРОЗ, Норайр БЛУДЯН, Сергей АЛЕКСЮК, Радион АЙРИЕВ
О проблеме организации стоянок и работе диспетчерских служб заказов такси в Москве 152

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», 2019

Алексей ВОЛОДИН
Пункты пропуска через государственную границу. Проблемы и пути их решения 170

БЕЗОПАСНОСТЬ

Михаил КЛЁНОВ, Иван ХОЛИКОВ
Правовые и организационные вопросы контроля за состоянием здоровья работников и оказания медицинской помощи пассажирам на транспорте в России 180
Александр ПОПОВ, Ульяна КАЙМАКОВА, Николай СТЕЦКИЙ
Высокая смертность при ДТП в Российской Федерации: возможные причины и пути снижения 192
Ирина ИЛЬИНА, Максим СЕРГЕЕВ, Екатерина НЕЛЮЦКОВА
Важность трасологических исследований при установлении обстоятельств ДТП с целью предотвращения случаев страхового мошенничества 206
Виталий ГАЕВСКИЙ, Ирина ОДИНОКОВА
Влияние автомобилей с ДВС и электромобилей на окружающую среду: сравнение и оценка факторов воздействия 220

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Ольга ЕФИМОВА, Юлия КОМАРОВА
Культура безопасности как элемент организационной культуры транспортных компаний 234
Николай РАЕВСКИЙ, Дмитрий КОЖИН, Полина РАЕВСКАЯ
«Лайфхаки»для профориентационной работы в границах Забайкальской железной дороги 246

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Юрий ПЕТРОВ, Александр ЗЕМЛИН, Ольга ЗЕМЛИНА
Зарождение системы управления путями сообщения и транспортного законодательства России в IX–XVIII веках 260
«Рельсовый» вопрос в Северной Америке: продолжение темы 278
Вокруг Москвы: сообщения из журнала «Железнодорожное дело» 1909 года 282
Год в истории изобретений 288

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Александр СЛАДКОВСКИ
Transport Problems – региональный научный журнал, способствующий глобальному информированию 290
Василий АМЕЛИН
Буровые суда: перемещение, смещение и удержание 296
Авторефераты диссертаций 309
Новые книги о транспорте 316
Экспресс-информация 55, 113, 178, 232, 258

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. Тираж 500 экз. Цена свободная.
Подписной индекс в каталоге Агентства «Роспечать» «Газеты. Журналы» – 80812.
Отпечатано с оригинал-макета: Книжная типография «Буки Веди».
115093, г. Москва, Партийный переулок, д. 1, корп. 58, стр. 2.
8 (495) 926-63-96, http://bukivedi.com, Info@bukivedi.com

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, или на web-сайте Российского университета транспорта по адресу: http://www.miit.ru.

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования.

World of Transport and Transportation

•THEORY
•HISTORY
•ENGINEERING
OF THE FUTURE

Vol. 17 2019 Iss. 3

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. Kuanyshev, D.Sc. (Eng), professor of Kazakh Academy of Transport and Communications
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 Commmunications (Hanoi, Vietnam)
Valentin V. Vinogradov, D.Sc. (Eng), professor of Russian University of Transport

CONTENTS

Page numbering below refers to the texts in English

THEORY

Vladimir N. GRIDIN, Viktor V. DOENIN, Vladimir S. PANISHCHEV, Igor D. BYSOV
Neural Network for Forecasting Energy Consumption Load of a Railway Marshalling Yard 11

Dmitry F. PASTUKHOV, Natalya K. VOLOSOVA, Alexandra K. VOLOSOVA
Some Methods of QR code Transmission using Steganography 28

Dmitry A. MACHERET
Freedom of Movement and Features of Transport Systems 48

Nickolay A. DUKHNO
Transport and Transport Law: Historical Relationship and Prospects. 64

SCIENCE AND ENGINEERING

Anatoly A. ZAYTSEV, Pavel S. TROITSKIY
Freight Electric Multiple-Unit Trains as an Alternative to Locomotive Traction. Comparison and Analysis. 77

Igor P. POPOV
Inertial Capacitive Energy Storage Device for a Shunting Diesel Locomotive . . . 85

Alaa El-Din MANSOUR
Modal Analysis of Circular Symmetrical Plates by Means of Generalized Finite Difference Method 94

ECONOMICS

Dmitry N. DURAKOV, Vladimir V. LOBYNTSEV, Stanislav S. POLEV
Technical and Economic Specifications of a New Type of Smoothing Reactors. 107

Anastasia Yu. KULACHINSKAYA
Improvement of Tariffs for Urban Public Transportation Taking into Account their Social Significance 118

Saltanat E. BADAMBAYEVA, Elena V. BORODINA, Evgeniya S. PROKOFIEVA
The Interaction of Sea and Rail Transport at the Example of the Port of Aktau 131

ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

Valentina V. KAZARINA, Vyacheslav A. PODVERBNIY
Decision-Making on Choosing Rail Line Routing Option 146

Dmitry G. MOROZ, Norayr O. BLUDYAN, Sergey S. ALEKSYUK, Radion S. AYRIEV
Problem of Location of Taxi Ranks and Taxi Dispatch Service Operations in Moscow 161

Aleksey B. VOLODIN
State Border Checkpoints. Problems and Solutions. 174

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. PUDOVIKOV,
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
© 2019. All rights reserved.

SAFETY AND SECURITY

Ivan V. KHOLIKOV, Mikhail V. KLYONOV
Legal and Organization Issues of Transport Occupational Health and Medical Assistance to Passengers in Russian Federation 186
Alexander V. POPOV, Ulyana M. KAIMAKOVA, Nikolay P. STETSKY
High Mortality Rates from Road Traffic Accidents in the Russian Federation: Possible Causes and Ways to Overcome Challenges 199
Irina E. IL'INA, Maxim V. SERGEEV, Ekaterina A. NELYUTSKOVA
Importance of Trace Evidence Study in Determining Road Traffic Accident Circumstances in order to Prevent Insurance Fraud. 213
Vitaly V. GAEVSKIY, Irina V. ODINOKOVA
Environmental Impact of ICE Vehicles and Battery Electric Vehicles: Comparison and Assessment of Impact Factors 226

HRM, EDUCATION & TRAINING

Olga V. EFIMOVA, Yulia V. KOMAROVA
Safety Culture as an Element of Organisation Culture of Transport Companies 240
Nikolay V. RAEVSKY, Dmitry N. KOZHIN, Polina E. RAEVSKAYA
Lifehacks for Career Guidance within the Boundaries of Zabaikalkskaya Railway 252

HISTORY WHEEL

Yuri I. PETROV, Alexander I. ZEMLIN, Olga M. ZEMLINA
The Genesis of the System of Administration of the Transport Routes and of the Transport Law in Russia (9th to 18th centuries) 270
«Rail» Question in North America: Continuation of the Topic. 280
Around Moscow: Reports Retrieved from Rail Business Journal of 1909 . . 285
A year in the History of Inventions 288

BIBLIO-DIRECTIONS

Aleksander SŁADKOWSKI
Transport Problems: the Regional Scientific Journal Contributing to Global Information 293
Vasily S. AMELIN
Drilling Vessels: Movement, Displacement and Holding. 303
Abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses 313
New Books on Transport and Transportation 318
Express Information. 55, 113, 178, 232, 258

Published quarterly since 2003. Bimonthly since 2013.
82 issues have been published since 2003.

Current issues are circulated in 500 hard copies; the journal is distributed by subscription and delivered by the editor to Russian and foreign technical and transport universities, national and regional technical libraries, government and public bodies, transport companies.

Each article in the journal consists of a Russian text and of an English text, fully identical in contents, both accompanied by abstracts, keywords, references and information about the authors.

Information for the authors and editorial politics are available at the media page of the Web site of Russian University of Transport at http://miit.ru/portal/page/portal/en/about/media/world_of_transport and at the Web site https://mirtr.elpub.ru/jour.

The open accessed full texts of the articles as well as the abstracts and key information in English are available at the Web site of the Russian scientific electronic library at http://elibrary.ru (upon free registration) and the Web site https://mirtr.elpub.ru/jour.

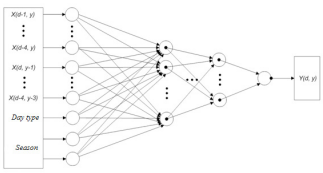
The journal is part of Russian scientific citation index system.

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.

ВОПРОСЫ ТЕОРИИ • THEORY

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ 6

Способны ли они предсказывать энергопотребление для железных дорог?



ЦИФРОВИЗАЦИЯ 16

Как совершенствовать методы и адаптировать передачу QR-кода для использования на транспорте.

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТА 40

Свобода передвижения и транспортная мобильность: как они соотносятся и как влияют на развитие транспортных средств.

ТРАНСПОРТ И ПРАВО 56

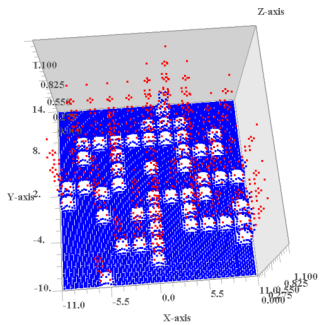
Какие транспортные отношения регулировались раньше и сейчас. История и современность транспортного права.

NEURAL NETWORKS 11

Are they able to forecast power consumption of railways?

DIGITALISATION 28

How to improve the methods and to apply QR code transmission in transportation.



EVOLUTION OF TRANSPORTATION 48

Freedom of movement and transport mobility: how they do interrelate and influence the development of vehicles.

TRANSPORT AND LAW 64

Which transport issues were regulated earlier and are regulated now? History and modernity of transport law.

УДК 004.9
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-6-15

Нейронная сеть для прогнозирования нагрузок энергопотребления сортировочного узла






Владимир ГРИДИН **Виктор ДОЕНИН** **Владимир ПАНИЩЕВ** **Игорь БЫСОВ**

Гридин Владимир Николаевич *– Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук, Москва, Россия.*
Доенин Виктор Васильевич *– Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук, Москва, Россия.*
Панищев Владимир Славиевич *– Центр информационных технологий в проектировании Российской академии наук, Москва, Россия.*
Бысов Игорь Дмитриевич *– Юго-Западный государственный университет, Курск, Россия*.*

Предложено описание многослойной нейронной сети, предназначенной для предсказания среднесуточного потребления электроэнергии сортировочным узлом железной дороги. Для решения данной задачи была построена модель на основе многослойного персептрона, использующая 22 входа, n-ое количество скрытых слоёв и один выход. Количество скрытых слоёв в нейросети и нейронов в них было подобрано экспериментально. Проведён сравнительный подбор функций активации и методов обучения, позволяющих при всех прочих параметрах достичь минимальной средней относительной ошибки.

Выделено два вида нагрузок, соответствующих праздничным (нерабочим) и рабочим дням, что потребовало введения одного дополнительного входного узла с двоичным кодированием и двух узлов для кодирования времени года, что обусловлено определённой повторяемостью характеризующих выборок предсказания нагрузок потребления энергии узла сортировочной станции в зависимости от типа дня и времени года. Важнейшим фактором также являлся учёт зависимости прогноза от значений нагрузки в предыдущие дни и годы (динамические зависимости), и в данной нейросети учтено среднесуточное потребление энергии по данным четырёх предыдущих дней текущего периода и четырёх предыдущих дней за последние три года.

В итоге, с учётом всех факторов и экспериментально подобранных параметров нейросети, минимальная получившаяся погрешность MAPE составляет порядка 1,4 %, что, в сравнении с двумя сторонними решениями для данной задачи, показывает преимущество разработанной нейросети.

Ключевые слова: многослойная нейронная сеть, прогнозирование, персептрон, электроэнергия, предсказание нагрузок, сортировочный узел.

---

*Информация об авторах:
Гридин Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, научный руководитель Центра информационных технологий в проектировании Российской академии наук (ЦИТП РАН), Москва, Россия, info@ditc.ras.ru.
Доенин Виктор Васильевич – доктор технических наук, главный научный сотрудник Центра информационных технологий в проектировании Российской академии наук (ЦИТП РАН), профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия, info@ditc.ras.ru.
Панищев Владимир Славиевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центра информационных технологий в проектировании Российской академии наук (ЦИТП РАН), Москва, Россия, gskunk@yandex.ru.
Бысов Игорь Дмитриевич – студент магистратуры Юго-Западного государственного университета (ЮЗГУ), Курск, Россия, bysov93@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.02.2019, принята к публикации 30.05.2019.

For the English text of the article please see p. 11.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 17–20–01133 офи_м_РЖД.

Эффективное энергопроизводство и прогнозирование энергопотребления являются важными проблемами современности. Конечной целью энергосбережения является сокращение затрат организации на оплату энергоресурсов, что обуславливает необходимость использования средств исследования текущего потребления и его прогнозирования. В рамках сортировочной станции данная информация является одной из составляющих интеллектуальной подсистемы анализа и прогнозирования загруженности.

В качестве модели прогнозирования на малых интервалах достаточно использовать полиноминальные разложения [1, с. 42], но на длительном временно*м* интервале приведённые модели непригодны из-за невозможности разложения данных по базису небольшой размерности. Для достижения достаточной точности прогноза в этом случае применимы авторегрессионные методы [2, 3].

Но все перечисленные выше методы обладают одним существенным недостатком – их применение требует обязательного участия специалиста. Поэтому необходимо использовать более выгодный алгоритм, минимизирующий человеческий фактор при построении прогноза. В качестве такого алгоритма могут выступать искусственные нейронные сети, с успехом использующиеся для решения задачи предсказания [4, с. 17].

Целью работы является построение модели искусственной нейронной сети на основе многослойного персептрона для задачи прогнозирования энергопотребления сортировочного узла.

Авторы использовали математические *методы* и инструменты информатики и программирования, частные методы построения искусственных нейронных сетей, многослойный персептрон с различными функциями активации (сигмоидальная функция, выпрямленная линейная функция активации, функция гиперболический тангенс), методы обучения (L-BFGS, стохастический оптимизационный алгоритм ADAM [5]).

МОДЕЛЬ НЕЙРОСЕТИ

Для предсказания нагрузки энергетического потребления выбран массив данных энергопотребления за 14 лет, из которого формируется структура данных из шести столбцов, где столбец 0 – среднесуточное потребление, 1 – год, 2 – номер дня в году, 3 – выходной день (0) или рабочий (1), 4 и 5 – двоичное кодирование времени года – зима (11), весна (01), лето (00), осень (10). Далее формируется массив обучающей выборки за 12 лет как зависимости от 4 предшествующих дней текущего периода и 4 предшествующих дней 3 предшествую-

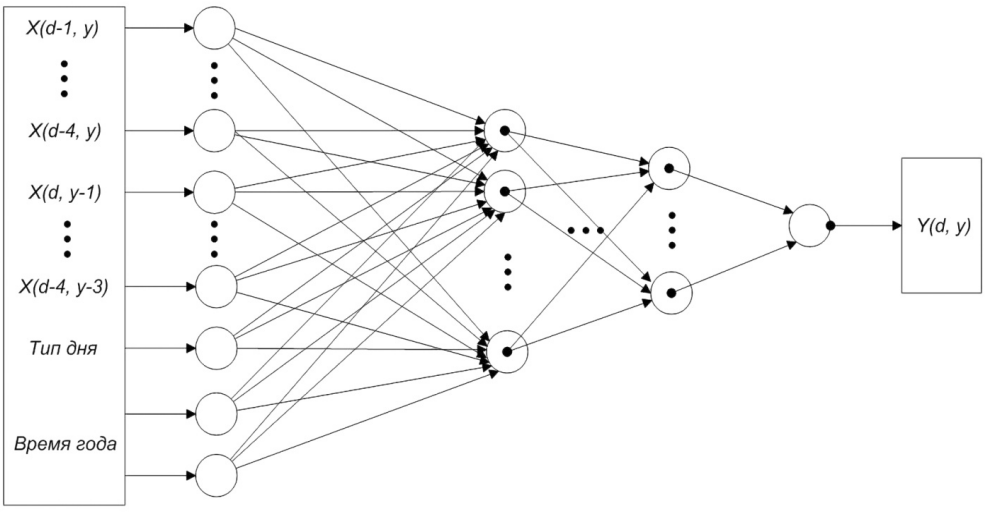


Рис. 1. Структура персептронной нейросети для прогнозирования энергопотребления.

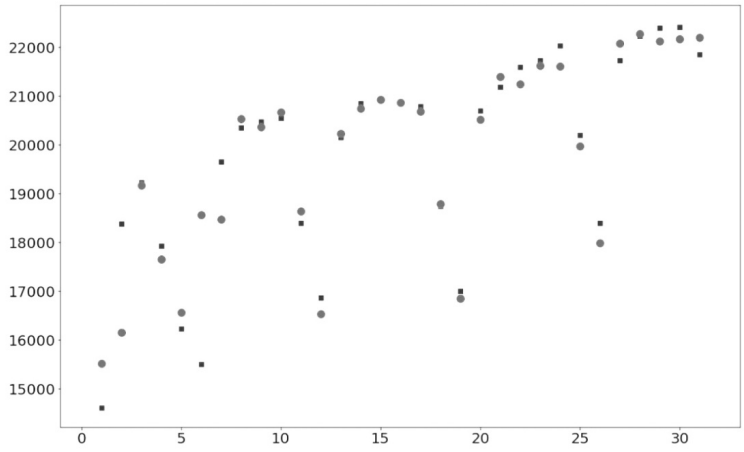


Рис. 2. Графическое изображение работы нейросети. Выпрямленная линейная функция активации, метод обучения – «L-BFGS».

щих лет, от типа дня и от сезона, кроме того, учитываются високосные года. Таким образом, массив имеет 23 столбца, где столбец 0 – зависимая переменная Y, и 22 столбца – независимые переменные X. Последними шагами являются построение нейросети в соответствии с возможным подбором параметров, изложенным в [6], её обучение и прогнозирование энергопотребления на два года. Выходные, учитываемые в данной модели нейросети, брались два раза – праздники РФ и даты, празднуемые в Польше, для сравнения с аналогом, предсказывающим нагрузки Польской электроэнергетической системы: 1 января, 6 января, 1 мая, 3 мая, 15 августа, 1 ноября, 11 ноября, 25–26 декабря – это необходимо учитывать для достижения максимальной точности предсказания. Наиболее полное исследование было проведено по данным 2002–2015 годов с формированием обучающей выборки 2005–2013 гг., прогнозом на 2014–2015 гг. с его последующей сверкой с фактическими данными. Построение нейронной сети проводилось на языке «Python» [7–9]. На рисунке 1 изображена структура разработанной модели нейросети.

ПОДБОР ПАРАМЕТРОВ НЕЙРОСЕТИ

Для достижения минимальной возможной ошибки прогнозирования в разработанной модели многослойного персептрона проводился подбор оптимальных для данной задачи функций активации и методов обучения. Были рассмотрены следующие параметры нейросети:

1. Сигмоидальная функция активации – функция, принимающая произвольное вещественное число на входе и дающая на выходе вещественное число в интервале от 0 до 1, выражается формулой: $\sigma(x) = 1 / (1 + e^{-x})$. В результате работы сигмоиды большие положительные числа превращаются в единицу, а большие отрицательные числа (по модулю) – в ноль.

2. Выпрямленная линейная функция активации (rectified linear unit, ReLU) выражается формулой: $\sigma(x) = \max(0, x)$. Её производная принимает только два значения – 0 и 1, что исключает затухание или разрастание градиентов, кроме того использование выпрямленной линейной функции приводит к прореживанию весов, однако она сильно нуждается в выборе правильной скорости обучения.

3. Функция активации гиперболический тангенс (tanh) получает на вход вещественное произвольное число и даёт на выходе вещественное число в интервале от -1 до 1, имеет возможность насыщения, так же как и сигмоидальная функция, но выход гиперболического тангенса центрирован относительно нуля.

4. Метод обучения «L-BFGS» – модификация алгоритма Бройдена–Флетчера–Гольдфарба–Шанно, предназначенная для решения нелинейных задач с большим количеством неизвестных и основанная на последовательном построении и уточнении квадратичной модели функции. «L-BFGS» запоминает последние значения градиента/функции и использует их для совершения шага по методу Ньютона и построения положительно определённой аппроксимации гессиана.

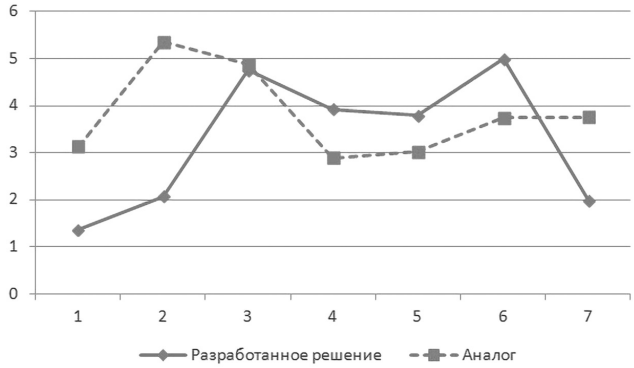


Рис. 3. Сравнительный график результатов прогнозирования на неделю разработанной нейросети и модели, описанной в [10, с. 114].

Таблица 1

Сравнительные данные погрешности MAPE для недельного прогноза

Недельный период прогнозирования	Погрешность MAPE среднесуточной нагрузки разработанной нейросети (%)	Погрешность MAPE модели, описанной в [10, с. 114] (%)
Понедельник	1.36	3.13
Вторник	2.07	5.36
Среда	4.75	4.87
Четверг	3.92	2.89
Пятница	3.79	3.02
Суббота	5.00	3.74
Воскресение	1.99	3.76

Таблица 2

Сравнительные данные погрешности MAPE для шестилетнего периода прогнозирования

Шестилетний период прогнозирования	Погрешность MAPE среднесуточной нагрузки разработанной нейросети (%)	Погрешность MAPE модели, описанной в [11, с. 128] (%)
1	1.24	1.2
2	1.28	1.3
3	1.21	1.25
4	1.31	1.32
5	1.26	1.34
6	1.35	1.36

5. Метод обучения адаптивного момента (adaptive moment estimation, Adam) – стохастический оптимизационный алгоритм, сочетающий в себе метод слабого обновления весов для типичных признаков и метод накопления движения. «Adam» является простым в реализации и эффективным вычислительно алгоритмом, имеющим в то же время мало требований к памяти, инвариантным к диагональному масштабированию градиентов и, таким образом, хорошо подходит для больших задач с точки зрения данных и/или параметров.

Используя описанные выше методы обучения и функции активации, проведён экспериментальный подбор оптимальных параметров для разрабатываемой модели нейросети:

1. Выпрямленная линейная функция активации, метод обучения – «L-BFGS» (см. рис. 2). При использовании одного скрытого слоя с 35 нейронами средняя относительная ошибка составляет 1,8 %, максимальная относительная ошибка – 29,4 %. При использовании в нейросети пяти скрытых слоёв с количеством нейронов в каждом от 20 до 30 средняя относительная ошибка уменьшается до 1,4 %, а максимальная относительная ошибка – до 28,2 %. Дальнейшее увеличение количества скрытых слоёв и нейронов не приносит увеличения качества прогнозирования. При использовании метода обучения адаптивного момента средняя относительная ошибка увеличивается до 2,7 %.

2. Функция активации – гиперболический тангенс, метод обучения – адаптивная инерция, использовался один скрытый слой с 35 нейронами, проведена нормализация данных. Средняя относительная ошибка составила 3,7 %, максимальная относительная ошибка – 39,8 %. При увеличении количества слоёв ошибка увеличивается. Использование сигмоидальной функции активации с методом обучения адаптивного момента даёт повышение средней относительной ошибки до 4 % и максимальной до 41 %.

В таблицах 1 и 2, на рис. 3 и 4 представлен сравнительный анализ ошибок MAPE

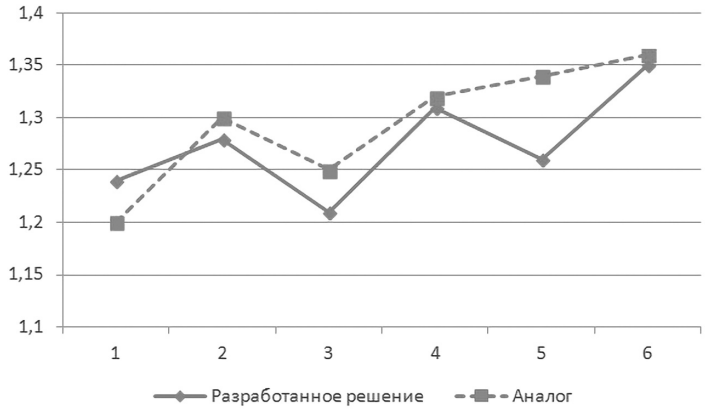


Рис. 4. Сравнительный график результатов прогнозирования на шесть лет разработанной нейросети и модели, описанной в [11 с. 128].

для разработанной персептронной нейросети и аналогов.

Из таблицы 1 видно, что для отдельно взятой недели разработанная нейросеть предсказывает среднесуточное энергопотребление в целом лучше, чем её аналог.

Из таблицы 2 видно, что наибольшая погрешность MAPE для разработанной нейросети в течение шести лет не превышала 1,4 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Была разработана модель нейронной сети на основе многослойного персептрона и проведён экспериментальный подбор параметров нейросети, что позволило обеспечить прогнозирование энергопотребления со средней относительной ошибкой в 1,4 %. Таким образом, экспериментальные данные подтвердили возможность использования данной нейросети для прогнозирования нагрузок энергопотребления сортировочного узла при условии учёта плавающего графика праздничных дней для компенсирования высоких значений ошибок прогнозирования.

В ходе дальнейших разработок на основе полученных результатов данная модель может быть также использована для прогнозирования энергопотребления в масштабах железнодорожной станции, транспортно-логистического узла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметьянов Р. Р., Делегодина Л. А., Копылова Н. П. и др. Задачи прогнозирования энергопотребления в интегрированной АСКУЭ Новосибирского научного центра // Энергосбережение. – 2007. – № 1. – С. 42–47.

2. Ахметьянов Р. Р., Делегодина Л. А., Копылова Н. П. и др. Мультипликативная модель сезонного энергопотребления предприятий // Автометрия. – 2008. – № 3. – С. 106–118.

3. Ахметьянов Р. Р., Делегодина Л. А., Копылова Н. П. и др. Использование нестандартных сезонных моделей авторегрессии и проинтегрированного скользящего среднего в задачах ресурсосбережения // Автометрия. – 2008. – № 4. – С. 28–41.

4. Бысов И. Д., Панищев В. С. Использование нейронной сети для прогнозирования нагрузок энергетического потребления предприятия // Тенденции развития науки и образования. – 2017. – № 33–1. – С. 17–18.

5. Kingma, D. P., Ba, J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. – Cornell University Library. – 2014. [Электронный ресурс]: https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf. Доступ 27.02.2019.

6. Гридин В. Н., Солодовников В. И., Карнаков В. В. Выбор начальных значений и оптимизация параметров нейронной сети // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – № 19. – С. 270–273.

7. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python / Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2017. – 480 с.

8. Рашка С. Python и машинное обучение / Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 418 с.

9. Маккинни У. Python и анализ данных / Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 482 с.

10. Соломахо К. Л. Применение метода главных компонент для прогнозирования объёмов электропотребления энергосбытового предприятия / Дис... канд. техн. наук. Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, 2015 [Электронный ресурс]: https://www.susu.ru/sites/default/files/dissertation/03_text_diss_5.pdf. Доступ 27.02.2019.

11. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

12. Гридин В. Н., Доенин В. В., Солодовников В. И., Панищев В. С., Труфанов М. И. К вопросу построения интеллектуальной подсистемы анализа и прогнозирования работы сортировочного узла // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2017. – № 4. – С. 95–103.

13. Гридин В. Н., Доенин В. В., Панищев В. С. О построении интеллектуальной подсистемы анализа параметров сортировочного узла // Мир транспорта. – 2017. – № 4. – С. 6–19.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-6-15

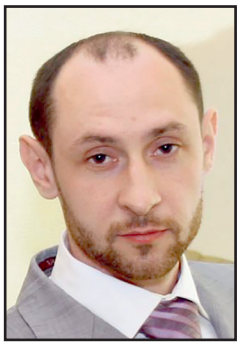
Neural Network for Forecasting Energy Consumption Load of a Railway Marshalling Yard



Vladimir N. GRIDIN



Viktor V. DOENIN



Vladimir S. PANISHCHEV



Igor D. BYSOV

Gridin, Vladimir N., *Center for Information Technologies in Design of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.*
Doenin, Viktor V., *Center for Information Technologies in Design of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.*
Panishchev, Vladimir S., *Center for Information Technologies in Design of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.*
Bysov, Igor D., *Southwest State University, Kursk, Russia.**

ABSTRACT

A multilayer neural network has been designed to forecast average daily energy consumption of a railway marshalling yard. The suggested model comprises a multilayer perceptron using 22 inputs, the n-th number of hidden layers and one output. The number of hidden layers in the neural network and neurons in them was chosen experimentally. A comparative selection of activation functions and training methods has allowed for all other parameters to achieve a minimum average relative error.

Two types of loads corresponding to holidays (non-working) and working days were identified. An additional input node with binary coding and two nodes for coding the season were introduced due to a certain repeatability characterizing samples of prediction of loads of energy consumption of the marshalling yard depending on type of a day and on a season. As accounting of the dependence of the forecast on load values in previous days and years (dynamic dependencies) is most important factor, this neural network takes into account the average daily energy consumption during four days of the current period, preceding the forecasted date, and the average daily power consumption during four days prior to this date during last three years.

As a result, considering all factors and experimentally selected parameters of the neural network, the minimum resulting error of MAPE is about 1,4 %, which shows the advantage of the developed neural network in comparison with two other methods of solution of the problem, suggested by other researchers.

Keywords: *multilayer neural network, forecast, perceptron, electric power, load prediction, marshalling yard, railways.*

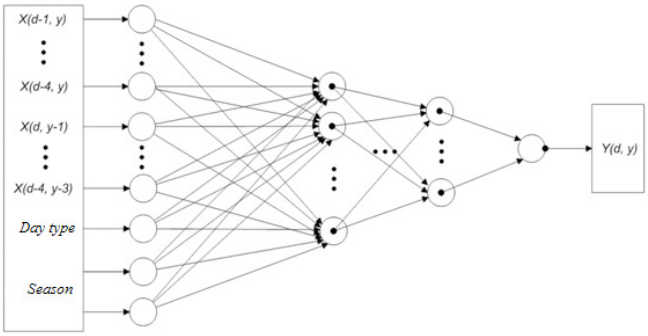
---

*Information about the authors:
Gridin, Vladimir N. – D.Sc. (Eng), professor, scientific director of the Center for Information Technologies in Design (CITD) of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, info@ditc.ras.ru.
Doenin, Viktor V. – D.Sc. (Eng), senior researcher of the Center for Information Technologies in Design (CITD) of Russian Academy of Sciences, professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, info@ditc.ras.ru.
Panishchev, Vladimir S. – Ph.D. (Eng), senior researcher of the Center for Information Technologies in Design (CITD) of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, gskunk@yandex.ru.
Bysov, Igor D. – Master's student of Southwestern State University, Kursk, Russia, bysov93@mail.ru.

Article received 27.02.2019, accepted 30.05.2019.

For the original Russian text please see p. 6.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project 17-20-01133 ofi_m_RZD.



Pic. 1. The structure of the perceptron neural network to forecast energy consumption.

Introduction. Nowadays efficient energy production and power consumption forecasting are among most important topics. The ultimate goal of energy saving is to reduce energy resources costs for an organisation, which necessitates the use of research tools for current consumption monitoring and its forecasting. Regarding railway marshalling yard, this information is one of the elements of the intelligent subsystem for analyzing and forecasting workload.

It is sufficient to use polynomial decompositions [1, p. 42] as a forecasting model for small time intervals, but over a long-time interval the presented models are unsuitable due to impossibility of decomposing data by a basis of small dimension. To achieve sufficient forecast accuracy, autoregressive methods are applicable in that case [2, 3].

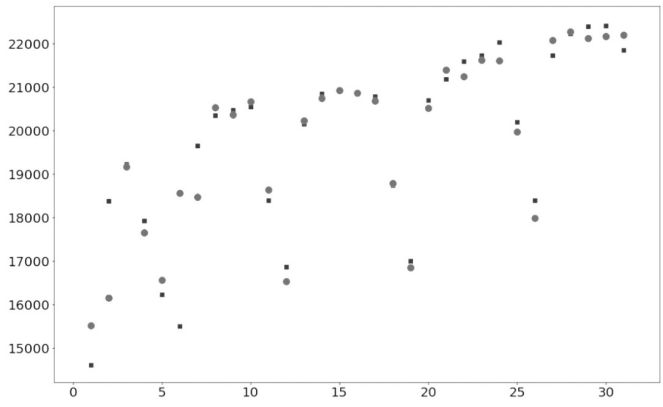
But all the methods listed above have one significant drawback: the application thereof requires direct involvement of an expert. Therefore, it is necessary to apply a more advantageous algorithm that minimizes the human factor when building a forecast. Artificial neural networks that are successfully used to solve forecasting problems can provide such an algorithm [4, p. 17].

The *objective* of the authors is to develop a model of artificial neural network based on a multilayer perceptron to forecast the energy consumption of a railway marshalling yard.

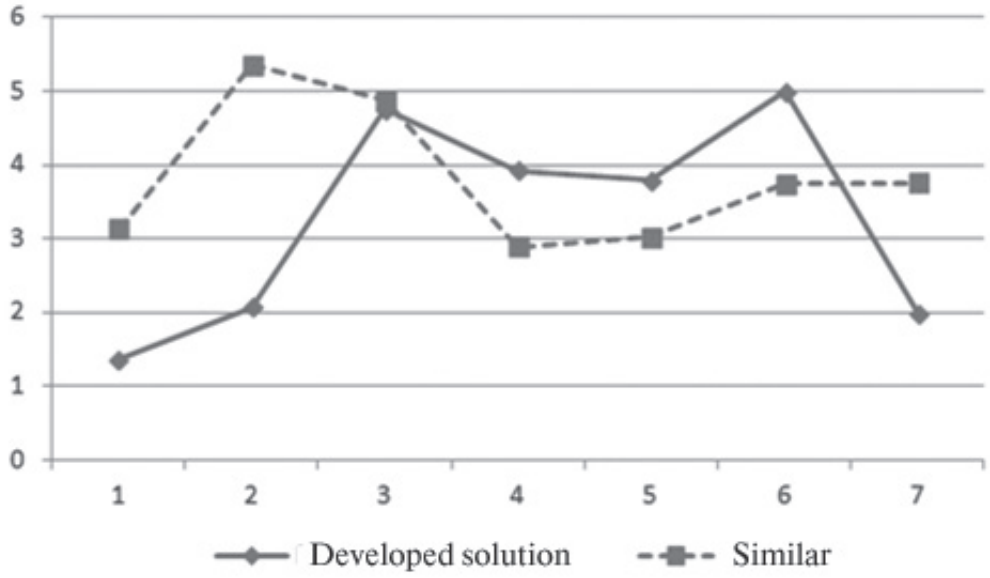
The authors used mathematics and informatics *methods,* programming, particular methods of building artificial neural networks, multilayer perceptron with various activation functions (sigmoid function, rectified linear unit, tanh function), learning methods (L-BFGS, ADAM stochastic optimization algorithm [5]).

Neural network model

To forecast energy consumption load, an array of energy consumption data for 14 years was selected, from which the data



Pic. 2. Graphic image of the neural network.
Rectified linear activation function, L-BFGS training method.



Pic. 3. Comparative graph of forecasted results for the week with the help of the developed neural network and the model described in [10, p. 114].

Table 1

Comparative MAPE error data for weekly forecast

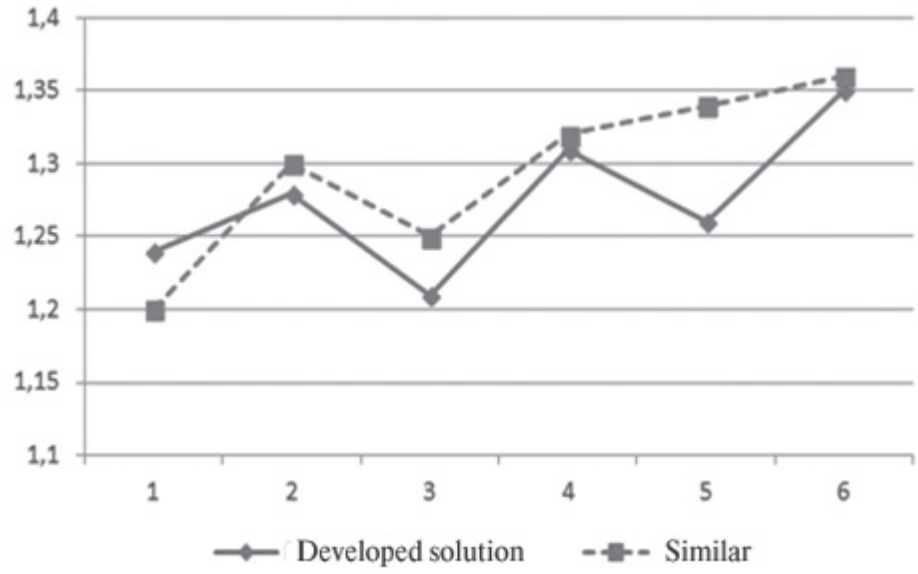
Week-long forecast period	MAPE error in forecasting average daily load with the developed neural network (%)	MAPE error of the model, described in [10, p. 114] (%)
Monday	1.36	3.13
Tuesday	2.07	5.36
Wednesday	4.75	4.87
Thursday	3.92	2.89
Friday	3.79	3.02
Saturday	5.00	3.74
Sunday	1.99	3.76

Table 2

Comparative MAPE error data for a 6-year forecast period

6-year forecast period	MAPE error of the average daily load forecasting with the developed neural network (%)	MAPE error of the model, described in [11, p. 128] (%)
1	1.24	1.2
2	1.28	1.3
3	1.21	1.25
4	1.31	1.32
5	1.26	1.34
6	1.35	1.36

structure of six columns is formed, where column 0 is average daily consumption, 1 – year, 2 – number of the day of the year, 3 – non-working day (0) or working day (1), 4 and 5 – binary coding of the season – winter (11), spring (01), summer (00), autumn (10). Further, an array of the training sample for 12 years is formed as a function dependence of 4 previous days of the current period and 4 relevant previous days of 3 previous years on the type of the day and on the season; besides, leap years are taken into account. Thus, the array has 23 columns, where column 0 contains a dependent variable Y, and 22 columns contain independent variables X. The final steps are purposed to build a neural network in accordance with possible selection of parameters outlined in [6], to train it and to forecast energy consumption for two forthcoming years. The weekends taken into account in this model of the neural network were considered twice as holidays of the Russian Federation and as dates celebrated in Poland for comparison with the analogue that forecasts the loads of the Poland electricity system: January 1, January 6, May 1, May 3, August 15, November 1, November 11, December 25–26, and this must be taken into account to achieve maximum accuracy of forecasting. Most



Pic. 4. Comparative graph of forecasted results for 6 years with the help of the developed neural network and the model described in [11, p. 128].

comprehensive study was carried out using the data of 2002–2015, developing sample of 2005–2013 for training a neural network and a test forecast for the years 2014–2015, that was subsequently verified through comparing its results with actual data. The neural network was built using Python [7–9]. Pic. 1 shows the structure of the developed neural network model.

Selection of neural network parameters

In order to achieve minimum possible forecast error in the developed model of multilayer perceptron, a selection process of optimal activation functions and training methods was carried out. The following neural network parameters were considered:

1. Sigmoid activation function takes on an arbitrary real number at the input, and at the output it gives a real number within the interval from 0 to 1, and so is expressed by the formula: $\sigma(x) = 1/(1+e^{-x})$. As a result of the sigmoid operation, large positive numbers turn into unity, and large negative numbers (modulo) turn into zero.

2. Rectified linear unit activation function (ReLU) is expressed by the formula: $\sigma(x) = \max(0, x)$. Its derivative takes only two values – 0 and 1, which eliminates attenuation or growth of gradients, in addition, the use of a rectified linear function leads to weights decimation, however, it is strongly needed to choose the correct learning speed.

3. Hyperbolic tangent (tanh) activation function takes on an arbitrary real number at the input, and at the output gives a real number in the range from -1 to 1, it can be saturated like the sigmoid, but the output of hyperbolic tangent is centered relative to 0.

4. L-BFGS training (learning) method is a modification of Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno algorithm, designed to solve nonlinear problems with a large number of unknowns and based on the sequential construction and refinement of a quadratic function model. L-BFGS memorizes the last values of the gradient/function and uses them to make a step using the Newton method and to build a positive definite approximation of the Hessian.

5. Adaptive moment estimation (Adam) training method is a stochastic optimization algorithm that combines the method of a weaker updating of weights for typical features and the method of accumulation of motion. Adam is simple to be implemented, and is computationally efficient algorithm, that has few memory requirements, is invariant to diagonal scaling of the gradients, and is well suited for tasks that are large in terms of data and/or parameters.

Using the above-described training methods and activation functions, an experimental selection of optimal parameters for the

developed neural network model was conducted:

1. Rectified linear activation function, L-BFGS training method (Pic. 2). When using one hidden layer with 35 neurons, the average relative error is 1,8 %, the maximum relative error is 29,4 %. When using five hidden layers in the neural network, each of them having from 20 to 30 neurons, the average relative error decreases to 1,4 %, and the maximum relative error to 28,2 %. A further increase in the number of hidden layers and neurons in them does not bring an increase in quality of prediction. When using the adaptive moment estimation training method, the average relative error increases to 2,7 %.

2. Hyperbolic tangent activation function, adaptive moment estimation training method. Single hidden layer with 35 neurons was used, data were normalized. The average relative error was 3,7 %, the maximum relative error was 39,8 %. As the number of layers increases, the error increases.

Using the sigmoid activation function with adaptive moment estimation training method gives an increase in the average relative error to 4 % and an increase in maximum relative error to 41 %.

Tables 1 and 2, Pics. 3 and 4 present a comparative analysis of MAPE errors for the developed perceptron neural network and similar networks.

From Table 1 it can be seen that for a single week, the developed neural network predicts the average daily energy consumption generally better than a similar model.

From Table 2 it can be seen that the highest MAPE error for the developed neural network within 6-year period did not exceed 1,4 %.

Conclusion. A neural network model was developed on the basis of a multilayer perceptron, and an experimental selection of neural network parameters was carried out, which made it possible to predict energy consumption with an average relative error of 1,4 %. Thus, the experimental data confirmed the possibility of using this neural network to forecast energy consumption of a marshalling yard, but it is necessary to take into account the floating holiday schedule to compensate for high prediction error values.

In the course of further development based on the results obtained, this model can also be used to predict energy consumption for a railway station, transport and logistics hub.

REFERENCES

1. Akhmetyanov, R. R., Delegodina, L. A., Kopylova, N. P. [*et al*]. The tasks of energy consumption forecasting in the integrated AMR system of Novosibirsk Scientific Center [*Zadachi prognozirovaniya energopotrebleniya v integrirovannoi ASKUE Novosibirskogo nauchnogo tsentra*]. *Energosnabzhenie*, 2007, Iss. 1, pp. 42–47.

2. Akhmetyanov, R. R., Delegodina, L. A., Kopylova, N. P. [*et al*]. The multiplicative model of the seasonal energy consumption of enterprises [*Multiplikativnaya model sezonnogo energopotrebleniya predpriyatii*]. *Avtometriya*, 2008, Iss. 3, pp. 106–118.

3. Akhmetyanov, R. R., Delegodina, L. A., Kopylova, N. P. [*et al*]. Using non-standard seasonal models of autoregression and integrated moving average in resource saving problems [*Ispolzovanie nestandartnykh sezonnykh modelei avtoregresii i prointegrirovannogo skolzyashchego srednego v zadachakh resursosberezheniya*]. *Avtometriya*, 2008, Iss. 4, pp. 28–41.

4. Bysov, I. D., Panishchev, V. S. Using a neural network to predict the loads of energy consumption of an enterprise [*Ispolzovanie neironnoi seti dlya prognozirovaniya nagruzok energeticheskogo potrebleniya predpriyatiya*]. Tendetsii *razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2017, Iss. 33–1, pp. 17–18.

5. Kingma, D. P., Ba, J. Adam: A Method for Stochastic Optimization. Cornell University Library, 2014. [Electronic resource]: https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf. Last accessed 27.02.2019.

6. Gridin, V. N., Solodovnikov, V. I., Karnakov, V. V. Selection of initial values and optimization of neural network parameters [*Vybor nachalnykh znachenii i optimizatsii parametrov neironnoi seti*]. *Novie informatsionnie tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh*, 2016, Iss. 19, pp. 270–273.

7. Müller, A., Guido, S. Introduction to machine learning using Python. Trans. from English. Moscow, Williams, 2017, 480 p.

8. Raschka, S. Python Machine Learning. Trans. from English. Moscow, DMK Press, 2017, 418 p.

9. McKinney, W. Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython [Russian title: Python and data analysis]. Trans. from English. Moscow, DMK Press, 2015, 482 p.

10. Solomakho, K. L. Application of the principal component method for predicting the volume of energy consumption of a power sales company. Ph.D. (Eng) thesis [*Primenenie metoda glavnykh component dlya prognozirovaniya ob'emov energopotrebleniya energosbytovogo predpriyatiya. Dis... kand. tekh. nauk*]. Southern Urals State University, Chelyabinsk, 2015 [Electronic resource]: https://www.susu.ru/sites/default/files/dissertation/03_text_diss_5.pdf. Last accessed 27.02.2019.

11. Osovsky, S. Neural networks for information processing [*Neironnie seti dlya obrabotki informatsii*]. Moscow, Finansy i statistika, 2002, 344 p.

12. Gridin, V. N., Doenin, V. V., Solodovnikov, V. I., Panishchev, V. S., Trufanov, M. I. On the issue of building an intellectual subsystem for analyzing and predicting the operation of the marshalling yard [*K voprosu postroeniya intellektualnoi podsistemy analiza i prognozarovaniya raboty sortirovochnogo uzla*]. *Informatsionnie tekhnologii i vychislitelnie sistemy*, 2017, Iss. 4, pp. 95–103.

13. Gridin, V. N., Doenin, V. V., Panishchev, V. S. On construction of an intelligent subsystem for analyzing the parameters of a marshalling hub. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 4, pp. 6–19.

УДК 519.6:519.633.9
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-16-39

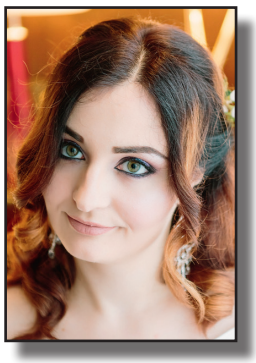
Некоторые методы передачи QR-кода с помощью стеганографии



Дмитрий ПАСТУХОВ



Наталья ВОЛОСОВА



Александра ВОЛОСОВА

Пастухов Дмитрий Феликсович *– Полоцкий государственный университет, Новополоцк, Республика Беларусь.*
Волосова Наталья Константиновна *– Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия.*
Волосова Александра Константиновна *– ООО «Трамплин», Москва, Россия*.*

Представлены дополнительные варианты развития ранее изложенного метода [3] скрытной передачи QR-кода с помощью стеганографии, которая может быть востребована для доставки информации, связанной с перевозочным процессом и другими задачами, решаемыми на транспорте. В частности, предложен новый конкретный вариант применения математических методов, используемых в различных научных областях (например, метода многих сеток для разностной аппроксимации краевой задачи Дирихле для уравнения Пуассона с высокой степенью точности). Построена эффективная итерационная формула для случаев сложного распределения источников. Метод уменьшает число итераций и вероятность появления ошибки при восстановлении оригинала и позволяет создать соответствующую компьютерную программу-приложение.

Ключевые слова: стеганография, QR-код, эффективная итерационная формула повышенной точности, уравнение Пуассона, итерационные методы, стегаконтейнер.

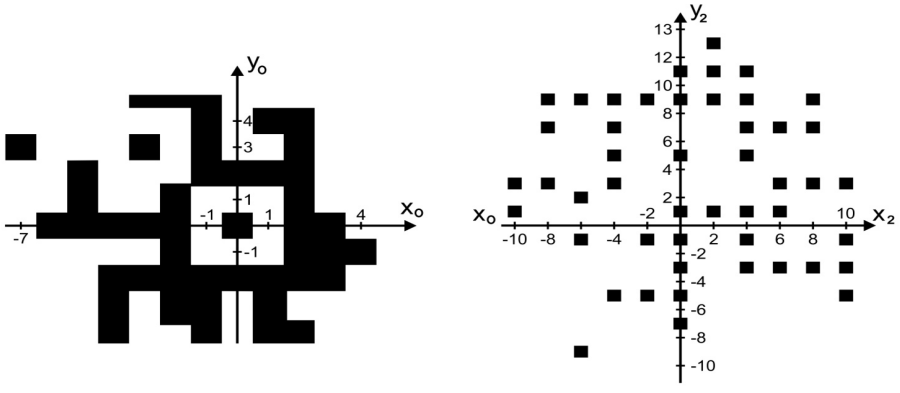
---

*Информация об авторах:
Пастухов Дмитрий Феликсович – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры технологий программирования Полоцкого государственного университета, Новополоцк, Республика Беларусь, dmitrij.pastuhov@mail.ru.
Волосова Наталья Константиновна – аспирант Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана (национального исследовательского университета) (МГТУ им. Н. Э. Баумана), Москва, Россия, navolosova@yandex.ru.
Волосова Александра Константиновна – кандидат физико-математических наук, начальник аналитического отдела ООО «Трамплин», Москва, Россия, alya01@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 04.02.2019, принята к публикации 28.05.2019.

For the English text of the article please see p. 28.

Авторы выражают благодарность за внимание к работе, помощь и полезные советы Вакуленко С. П., Волосову К. А., Басараб М. А, Баландину А. Л., Данилову В. Г., Пикалову В. В.



а) *б)*

Рис. 1а, б. Фрагмент QR-кода.

В поле научной дискуссии находятся как вопросы использования QR-кода для решения задач передачи информации на транспорте, так и методы и алгоритмы, связанные с использованием для этого стеганографии. Применение методов математической физики позволяет увеличить стойкость криптографических алгоритмов перед попытками несанкционированно овладеть информацией. Это увеличит безопасность перевозок и стабильность работы транспорта.

Некоторые важные аспекты проблем в сфере перевозки опасных грузов обсуждаются в [3, с. 14]. В работах [1, 3] на конкретных примерах реализуется алгоритм прямого и обратного преобразования Радона. Там же впервые предлагается использовать стеганографию для передачи QR-кода.

В [2, 3] впервые предлагается для передачи QR-кода использовать решение краевой задачи Дирихле для уравнения Пуассона. Предполагается, что некто (НК) желает отправить адресату (А) информацию скрытно от постороннего наблюдателя, закодированную в QR-коде. Для этого заданный QR-код разбивается на одинаковые элементарные «белые» и «чёрные (заштрихованные)» квадраты и вычисляются их центры тяжести.

Задаётся функция двух переменных:

$$\varphi(x,y)=\begin{cases}1, & if\ (x,y)\in\Omega,\\ 0, & if\ (x,y)\notin\Omega\end{cases}, \qquad (1)$$

где Ω – чёрная (заштрихованная) область (рис. 1), которую можно представить, как объединение некоторого множества элементарных квадратов. Маскируемым изображением является преобразованный QR-код, в котором находится передаваемая информация. Вычисляется функция (1), имеющая разрывы первого рода на некоторых границах «чёрных» квадратов.

В работах [1, 3] предложены методы предварительной маскировки и усложнения сообщения, например, метод, применяемый в теории фракталов, а именно, «итерация линейными системами». В соответствии с этим организуется промежуточный итерационный процесс $x_{s+1} = e_0 + a_0 x_s + b_0 y_s$, $y_{s+1} = f_0 + c_0 x_s + d_0 y_s$, где $s = 0,1...$ номер итерации, а x_s, y_s – координаты центров тяжести элементарных «чёрных» квадратов, составляющих QR-код в декартовой системе координат. Начало координат, точка (0,0) на Ω, масштаб и направление осей относительно графика известны только НК и связаны с заданным QR-кодом. Это же относится к заданным константам $\{e_0, a_0, b_0, f_0, c_0, d_0\}$ и выбранному числу итераций s. Таким образом, появляются дополнительные ключи. Отметим, что структура и геометрия при каждой итерации существенно меняются, но существует единственное обратное преобразование, приведённое в [3]. Можно передавать любую итерацию.

Первая итерация, приведённая на рис. 1а, описана в [3, с. 16]. На рис. 1б приведена вторая итерация фрагмента QR-кода с помощью линейных систем $a_0 = 1$, $b_0 = -1$, $c_0 = 1$, $d_0 = 1$, $e_0 = 1$, $f_0 = 2$.

Целью настоящей работы является дальнейшее развитие ранее изложенного

в [3] способа передачи информации с помощью краевой задачи для уравнения Пуассона путём построения эффективной итерационной формулы для сложной системы распределённых источников в задаче стеганографии и разработки на этой основе второй программы.

В исследовании использовались *методы* прикладной математики, в частности, метод краевой задачи Дирихле для уравнения Пуассона, распределение Гаусса, методы решения дифференциальных уравнений и систем линейных алгебраических уравнений.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Предварительные замечания

Замечание 1. Для решения поставленной задачи скрытой передачи QR-кодов предлагается параллельно конструировать две программы. В первой программе описывается процедура вычисления решения краевой задачи с нулевыми краевыми условиями в прямоугольнике для уравнения Пуассона, которая пригодна для большого семейства QR-кодов. Вычисляются или задаются все ключи (необходимые значения констант). Вторая программа восстанавливает оригинал по изображению, отделённому от стегаконтейнера.

В модельном варианте в данной работе рассматриваются три объекта: оригинал «О», изображение, полученное после интегрального преобразования «И», восстановленный оригинал «ВО». Восстановленный оригинал «ВО» может отличаться от «О» ошибкой, возникающей из-за шума и решения обратной некорректной задачи.

Замечание 2. Отметим, что в расчётах целочисленные координаты центров тяжести элементарных квадратов для формулы (5) задавались во второй программе вручную.

Определение. Маскирующей функцией будем называть функцию $\chi(x, y)$, которая может задавать координаты «чёрных» квадратов, не существовавших в заданном QR-коде и дополняющих их множество.

Построим сумму:

$$f(x, y) = \phi\chi(x, y) + \chi(x, y). \qquad (2)$$

Изображения на плоскости проекции графика функции (2) рассматриваем аналогично примеру на рис 1. Аналогично (1) считаем, что в точках (x, y), принадлежащих «чёрным» квадратам, функция (2) принимает значение единицы, и функция равна нулю в точках (x, y), принадлежащих «белым» квадратам. На этапе разностной аппроксимации задачи используем «двойника» функции f(x, y) в форме разрывной функции:

$$N(x,y)=\begin{cases}1, & if\ (x,y)\in\Omega,\\ 0, & if\ (x,y)\notin\Omega\end{cases}. \qquad (3)$$

Будем называть (3) «индикаторной» функцией.

Её роль описана ниже в замечании 3.

2. Способ передачи информации с помощью краевой задачи для уравнения Пуассона

Поместим график, соответствующий функции (2), на плоскости внутри контура, который представляет прямоугольник такой минимальной площади со сторонами, параллельными осям декартовой системы координат, чтобы в нем находились все «чёрные» (заштрихованные) квадраты. Случай, когда этот прямоугольник оказывается квадратом, редкий и более простой, он кратко рассмотрен в [3, с. 19]. Тогда можно обойтись одной равномерной сеткой с постоянным шагом h. Обычно QR-код порождает при таком построении на плоскости прямоугольник. Если использовать один шаг, полученный при разбиении минимальной стороны, то для уменьшения вычислений во всей области, очевидно, что на практике следует ввести второй несколько больший шаг в направлении длинной стороны прямоугольника. Стороны элементарного чёрного штрихованного прямоугольника должны соотноситься как рациональные числа, например, 1:2. Этим, мы уменьшаем число вычислений, но «чёрные» квадраты трансформируются в прямоугольники, а площадь, занимаемая формулами, увеличивается примерно в три раза.

Итак, во многих случаях контурный четырёхугольник минимальной площади, охватывающий все заштрихованные элементарные квадраты, в графическом изображении функции f(x, y) (3) оказывается прямоугольником (рис. 1). Обозначим внутреннюю область через Ω_0. Для определённости b и краткой записи формул положим $x_{max} = a > 0$, $y_{max} = d > 0$, $x_{min} = b < 0$, $y_{min} = c < 0$.

Обозначим через $m_1 = |x_{max} - x_{min}|$, $m_2 = |y_{max} - y_{min}|$ длины сторон контурного

прямоугольника. Рассмотрим внутреннюю краевую задачу Дирихле для уравнения Пуассона с однородными краевыми условиями:

$$\frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial y^2}=f(x,y), \qquad (4)$$

$a < x < b$, $c < y < d$, $u(a, y) = u(b, y) = u(x, c) = u(x, d) = 0$.

Вся область разбивается на элементарные «белые» и «чёрные» прямоугольники первой «крупной» двумерной естественной сеткой.

На первом этапе преобразования задачи (4) заменим функцию с разрывами первого рода (4) на непрерывную, бесконечно-дифференцируемую функцию, а именно сумму двумерных гауссиан. Тогда выполнены условия теоремы существования и единственности решения задачи (3)–(5) [4, с. 137]. Здесь введены обозначения: V – множество пар центров декартовых координат на плоскости «чёрных» квадратов внутри области Ω, а W – множество пар координат центров тяжести на плоскости всех «белых» и «чёрных» квадратов внутри области Ω. На втором этапе разностной аппроксимации задачи (4) в программе используем функцию:

$$f_{mn}=\sum_{\nu,\delta=1}^{m_1,m_2} N_{\nu,\delta}\exp\left(-\left(\frac{x_m-x_\nu}{\eta\cdot h_{11}}\right)^2-\left(\frac{y_n-x_\delta}{\eta\cdot h_{22}}\right)^2\right),$$
$$\nu=\overline{1,m_1},\ \delta=\overline{1,m_2},\ \nu,\delta,m,n\in N, \qquad (5)$$
$$b-a=h_{11}\cdot m_1=h_1\cdot n_1;\ d-c=h_{22}\cdot m_2=$$
$$=h_2\cdot n_2,\ \nu=\overline{1,m_1},\ \delta=\overline{1,m_2},\ m=\overline{0,n_1},\ n=\overline{0,n_2}.$$

Здесь (h_{11}, h_{22}) – вектор крупной сетки; шаги крупной сетки равны сторонам крупной чёрной (белой) клетки для задания QR-кода, (h_1, h_2) – вектор шага минимальной сетки для решения уравнения Пуассона:

$x_m = a + mh_1$, $y_n = c + nh_2$, $m = 0,..., n_1$, $n = 0,..., n_2$, $x_\nu = a + \nu h_{11}$, $y_\delta = c + \delta h_{22}$, $\nu = 1,..., m_1$, $\delta = 1,..., m_2$, $(\nu, \delta) \in V$, $(x_m, y_n) \in W$.

Таким образом, введена вторая, двумерная равномерная «базовая» сетка [9] (рис. 2а) с шагами:

$$a<x<b, c<y<d,$$
$$\omega_{n_1,n_2}=\left\{\begin{array}{l} x_m=a+mh_1,\ y_n=c+nh_2, m=\overline{0,n_1},\\ n=\overline{0,n_2}, h_1=\dfrac{m_1}{n_1}h_{11}=\dfrac{b-a}{n_1},\\ h_2=\dfrac{m_2}{n_2}h_{22}=\dfrac{d-c}{n_2}\end{array}\right\}. \qquad (6)$$

Длины сторон элементарного «белого» и «чёрного» прямоугольника в общем случае в программе кратны более мелким шагам «базовой» сетки h_1, h_2. Центры «чёрных» квадратов (в общем случае прямоугольников) (x_δ, y_ν) определяются формулой (5), и в примере в данной работе выбран коэффициент, отвечающий за дисперсию в функциях (5), как $\eta = 0.5$. Этот выбор является не единственным.

Замечание 3. Отметим, что n_1, n_2, m_1, m_2 – натуральные числа, параметры программы. В программе используется для технических целей разностная аппроксимация «индикаторной» функции (3) $N_{\nu,\sigma}$ на сетке (6):

$$\nu=\overline{1,m_1},\delta=\overline{1,m_2},N_{\nu,\delta}=\begin{cases}1,(\nu,\delta)\in N_1^2\\ 0,(\nu,\delta)\in N_2^2\end{cases}, \qquad (7)$$

где N_1^2 – двумерное множество пар чисел узлов – центров «чёрных» прямоугольников. Аналогично: N_2^2 – двумерное множество пар узлов – центров «белых» прямоугольников, $N_1^2 \cup N_2^2 = W$.

Функция (5) задает сложную структуру распределённых источников. Центр гауссианы – точка на плоскости, в которой расположен локальный максимум функции, который аналогично распределению Гаусса совпадает с центром тяжести «чёрного» квадрата.

Во-первых, (5) хорошо аппроксимирует и сглаживает границу разрыва между «белыми» и «чёрными» квадратами (в общем случае прямоугольниками), которая имелась ранее. «Индикаторная» функция осуществляет подчистку «хвостов» распределения Гаусса, если они «залезли» в «белые» квадраты (в общем случае – прямоугольники). Во-вторых, она облегчает проверку устойчивости работы обеих программ (см. замечание 1) не только в рассматриваемом примере (рис. 1), но и для любого другого представителя семейства функций (2), порождённых другим QR-кодом.

Замечание 4. Существует точное решение задачи (4), (5), выраженное через функцию Грина [5, с. 126], которое представляет, к сожалению, только теоретический интерес. На практике вычислений оно даёт сумму быстро осциллирующих членов ряда с медленно убывающими коэффициентами. При этом необходимо вычислять интегралы от них.

Замечание 5. Исходя из необходимости изложить в статье материал в понятной и простой форме на примере с простыми формулами, мы пропускаем ряд шагов. Для практического применения предложенного метода более сложные формулы можно найти в [9]. При этом мы оставляем маркеры для процесса восстановления формул в виде различных шагов, и некоторые несложные формулы записываем для двух разных шагов. Самые громоздкие формулы приводим для упрощённого случая $h_1 = h_2 = h$, тогда как раздельные формулы для различных шагов в три раза более объёмны и имеют погрешность аппроксимации на 2 порядка ниже [4], [9].

3. Построение эффективной итерационной формулы для сложной системы распределённых источников в задаче стеганографии

Для тестирования программы построим пример:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 2\sin(x) + \sin(y),\ 0 < x < \pi,\ 0 < y < \pi, \\ u(0,y) = u(\pi,y) = 0, \quad u(x,0) = u(x,\pi) = 0 \end{cases} \tag{8}$$

с точным решением, записанным через элементарные функции:

$$u(x,y) = 2\sin(x)\left(ch(y) - 1 + \left(\frac{1-ch(\pi)}{sh(\pi)}\right)sh(y)\right) + \\ + \sin(y)\left(\left(\frac{1-ch(\pi)}{sh(\pi)}\right)sh(x) + ch(x) - 1\right). \tag{9}$$

В этом примере правая часть в (8) является непрерывно дифференцируемой функцией внутри области, а решение удовлетворяет нулевым краевым условиям.

Будем сравнивать численное решение задачи (4)–(5), предложенное в данной работе, с решением (9) задачи (8) по числу итераций и точности, если вместо правой части использовать известную аналитическую функцию (8) и её точное решение (9) вместо алгоритмически заданного QR-кода с помощью формулы (5), так как аналитическое решение для правой части уравнения Пуассона, как изображено на рис. 3, неизвестно.

Следствие 1. Для непрерывно дифференцируемой функции *f(x, y)* в области Ω_0 из (4) имеем следствия:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x,y) - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2} - \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2}, \\ \frac{\partial^6 u}{\partial y^6} = \frac{\partial^4 f}{\partial y^4} - \frac{\partial^6 u}{\partial x^2 \partial y^4}, \quad \frac{\partial^6 u}{\partial x^4 \partial y^2} = \frac{\partial^4 f}{\partial x^2 \partial y^2} - \frac{\partial^6 u}{\partial x^2 \partial y^4}, \tag{10}$$

и т. д.

Формулы (10) следуют из (4).

Для краткой записи вводятся обозначения:

$$\begin{aligned} &u(x_{m-1}, y_{n-1}) = u_{-h_1,-h_2},\ u(x_{m+1}, y_{n-1}) = u_{h_1,-h_2}, \\ &u(x_{m-1}, y_{n+1}) = u_{-h_1,h_2},\ u(x_{m+1}, y_{n+1}) = u_{h_1,h_2}, \\ &u(x_m, y_n) = u_{0,0}, \qquad u(x_{m-1}, y_n) = u_{-h_1,0}, \\ &u(x_{m+1}, y_n) = u_{h_1,0}, \qquad u(x_m, y_{n-1}) = u_{0,-h_2}, \\ &u(x_m, y_{n+1}) = u_{0,h_2}. \end{aligned} \tag{11}$$

Аналогично (11) вводятся обозначения (12), которые приведены на с. 21.

Теорема 1. Эффективная итерационная формула для сложной системы распределённых источников в задаче (4)–(5) в случае $h_1 = h_2 = h$ имеет вид:

$$u^{k+1}(x_m, x_n) \equiv u_{m,n}^{k+1} \equiv u_{0,0}^{k+1} = \frac{F_2}{5} + \frac{F_1}{20} - \\ -h^2\left[\frac{3}{10}f_{0,0} + \frac{1}{40}\left(-\frac{K_1}{3} + \frac{16}{3}K_2 - 20f_{00}\right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{1200}\left(1512 f_{00} - \frac{1053 Q_1}{2} + 162 Q_2 - \frac{27 K_1}{2}\right)\right] - \\ -\frac{h^2}{300}\left[100 f_{0,0} - \frac{160 K_2}{3} + \left(\frac{16}{3}\right)^2 Z_1 - \right. \\ \left. - \frac{16}{9}Z_2 + \frac{Z_3}{9} + \frac{10 K_1}{3}\right] + O\left(h^6\right). \tag{13}$$

Введены обозначения:

$$\begin{aligned} &F_1 = u_{-h,-h} + u_{h,-h} + u_{-h,h} + u_{h,h}, \\ &F_2 = u_{-h,0} + u_{h,0} + u_{0,-h} + u_{0,h}, \quad f(x_m, y_n) = f_{0,0}, \end{aligned} \tag{14}$$

и

$$\begin{aligned} &K_1 = f_{1,0} + f_{-1,0} + f_{0,1} + f_{0,-1}, \\ &K_2 = f_{-1/2,0} + f_{1/2,0} + f_{0,1/2} + f_{0,-1/2}, \\ &Q_1 = f_{1/3,0} + f_{-1/3,0} + f_{0,1/3} + f_{0,-1/3}, \\ &Q_2 = f_{2/3,0} + f_{-2/3,0} + f_{0,2/3} + f_{0,-2/3}, \\ &Z_1 = f_{-1/2,-1/2} + f_{-1/2,1/2} + f_{1/2,-1/2}, + f_{1/2,1/2}, \\ &Z_2 = f_{-1/2,-1} + f_{-1/2,1} + f_{1/2,-1} + f_{1/2,1} + \\ &+ f_{-1,-1/2} + f_{-1,1/2} + f_{1,-1/2} + f_{1,1/2}, \\ &Z_3 = f_{-1,-1} + f_{1,-1} + f_{-1,1} + f_{1,1}, \end{aligned} \tag{15}$$

которые упрощены. Например, надо читать: $f_{-1,-1} = f(x_{m-1}, y_{n-1})$, $f_{1,-1} = f(x_{m+1}, y_{n-1})$, $u_{0,0} = u(x_m, y_n)$... и так далее (см. рис. 2). Таким образом отсчёт внутри шаблона идёт от центральной точки $(x_m, y_n) = (0,0)$.

Доказательство. Выберем девятиточечный шаблон с высоким порядком аппроксимации уравнения Пуассона в прямоугольнике (рис. 2). В [3] получена формула, аппроксимирующая сумму четырёх значений функции в узлах с вершинами прямоугольника, не лежащих на координатных осях (рис. 2а) $(-h_1, -h_2)$, $(-h_1, h_2)$, $(h_1, -h_2)$, (h_1, h_2). Перепишем её для равных шагов $h_1 = h_2 = h$, используя разложение в ряд Тейлора при малых значениях h (рис. 2а):

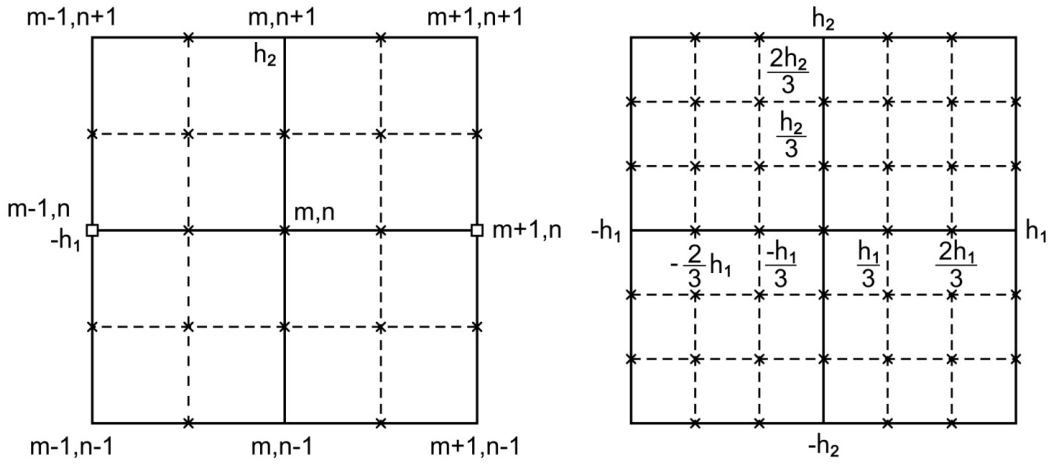


Рис. 2а, б. Использованные шаблоны сеток. Внешний прямоугольник соответствует девятиточечному шаблону с высоким порядком аппроксимации уравнения Пуассона в прямоугольнике [4] и «базовой» сетке (6).

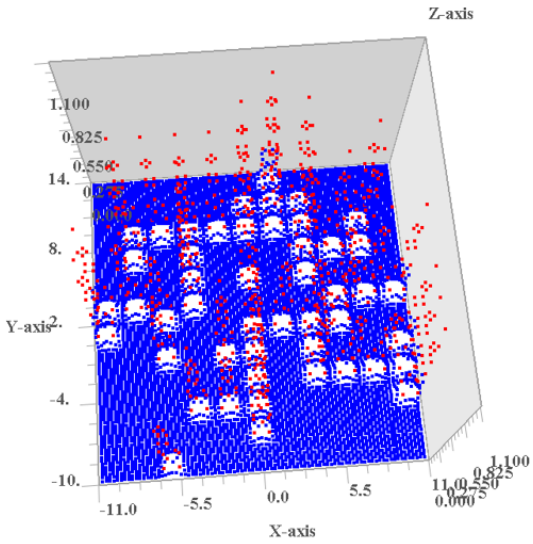


Рис. 3. Функция правой части задачи (4), вычисленная по формуле (5) для источника, изображённого на рис. 1б.

$$f(x_{m-1},y_{n-1})=f_{-1,-1},\quad f(x_{m+1},y_{n-1})=f_{1,-1},\ f(x_{m-1},y_{n+1})=f_{-1,1},\ f(x_{m+1},y_{n+1})=f_{1,1},\quad (Z_3)$$
$$f(x_{m+1},y_n)=f_{1,0},\quad f(x_{m-1},y_n)=f_{-1,0},\quad f(x_m,y_{n+1})=f_{0,1},\quad f(x_m,y_{n-1})=f_{0,-1},\quad (K_1)$$
$$f(x_{m-1/2},y_n)=f_{-1/2,0},\ f(x_{m+1/2},y_n)=f_{1/2,0},\ f(x_m,y_{n+1/2})=f_{0,1/2},\ f(x_m,y_{n-1/2})=f_{0,-1/2},(K_2)$$
$$f(x_{m+1/3},y_n)=f_{1/3,0},\ f(x_{m-1/3},y_n)=f_{-1/3,0},\ f(x_m,y_{n+1/3})=f_{0,1/3},\ f(x_m,y_{n-1/3})=f_{0,-1/3},\ (Q_1)$$
$$f(x_{m+2/3},y_n)=f_{2/3,0},f(x_{m-2/3},y_n)=f_{-2/3,0},\ f(x_m,y_{n+2/3})=f_{0,2/3},\ f(x_m,y_{n-2/3})=f_{0,-2/3},\ (Q_2)$$
$$f(x_{m-1/2},y_{n-1/2})=f_{-1/2,-1/2},\quad f(x_{m-1/2},y_{n+1/2})=f_{-1/2,1/2},\quad f(x_{m+1/2},y_{n-1/2})=f_{1/2,-1/2},$$
$$f(x_{m+1/2},y_{n+1/2})=f_{1/2,1/2},(Z_1)$$
$$f(x_{m-1/2},y_{n-1})=f_{-1/2,-1},\ f(x_{m-1/2},y_{n+1})=f_{-1/2,1},\quad f(x_{m+1/2},y_{n-1})=f_{1/2,-1},$$
$$f(x_{m+1/2},y_{n+1})=f_{1/2,1},\ f(x_{m-1},y_{n-1/2})=f_{-1,-1/2},\quad f(x_{m-1},y_{n+1/2})=f_{-1,1/2},$$
$$f(x_{m+1},y_{n-1/2})=f_{1,-1/2},\ f(x_{m+1},y_{n+1/2})=f_{1,1/2},\quad (Z_2)$$

(12)

$$u_{-h,-h}+u_{h,-h}+u_{-h,h}+u_{h,h}=4u_{0,0}+$$
$$+\left(\begin{array}{l}2h^2\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)+\\ +\dfrac{h^4}{6}\left(\dfrac{\partial^4 u}{\partial x^4}+6\dfrac{\partial^4 u}{\partial x^2\partial y^2}+\dfrac{\partial^4 u}{\partial y^4}\right)\end{array}\right)\Bigg|_{\substack{x=x_m\\y=y_n}}+O(h^6). \qquad (16)$$

Если вершины ромба расположены в узлах, лежащих на координатных осях $(-h_1, 0)$, $(0, h_2)$, $(0, h_1)$, $(h_2, 0)$ (рис. 2а), то для равных шагов $h_1 = h_2 = h$ получим разложение в ряд Тейлора:

$$u_{-h_1,0}+u_{h_1,0}+u_{0,-h_2}+u_{0,h_2}=$$
$$=4u_{0,0}+\left(\begin{array}{l}h^2\left(\dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2}+\dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right)+\\ \dfrac{h^4}{12}\left(\dfrac{\partial^4 u}{\partial x^4}+\dfrac{\partial^4 u}{\partial y^4}\right)\end{array}\right)\Bigg|_{\substack{x=x_m\\y=y_n}}+O(h^6). \qquad (17)$$

Следуя [4], аппроксимируем оператор Лапласа линейной квадратурной формулой:

$$\Delta u\approx\frac{1}{h^2}\left(\begin{array}{l}C_0u_{0,0}+C_1\left(u_{-h,0}+u_{h,0}+u_{0,h}+u_{0,-h}\right)+\\ +C_2\left(u_{-h,-h}+u_{h,-h}+u_{-h,h}+u_{h,h}\right)\end{array}\right), \qquad (18)$$

где константы подлежат определению.

Лемма 1. Для непрерывно дифференцируемой функции *f(x, y)* из $C^{\infty}(\mathrm{R}^2)$ в задаче (4)–(5) константы и невязка формулы (18) имеют вид $C_1 = 2/3$, $C_2 = 1/6$, $C_0 = -10/3$,

$$R(f)=\frac{h^2}{12}\Delta f\left(x_m,y_n\right)+\frac{h^4}{360}\left(\begin{array}{l}\dfrac{\partial^4 f\left(x_m,y_n\right)}{\partial x^4}+\\ +\dfrac{\partial^4 f\left(x_m,y_n\right)}{\partial y^4}\end{array}\right)+ \qquad (19)$$
$$+\frac{h^4}{90}\frac{\partial^4 f\left(x_m,y_n\right)}{\partial x^2\partial y^2}+O\left(h^6\right).$$

Доказательство приведём для упрощённого случая $h_1 = h_2 = h$.

В [4, 6, с. 23] доказано, что только слагаемые при четвёртой и шестой степени шага *h* можно выразить через значения частных производных функции f(x, y) в центральной точке шаблона (рис. 3).

Подставим в (16) заготовки формул (14), (15) и, используя следствия (10), получим три алгебраических уравнения $C_0 + 4C_1 + 4C_2 = 0$, $C_1 + 2C_2 = 1$, $C_1 - 4C_2 = 0$. Это необходимые условия равенства нулю слагаемых, сгруппированных в нулевом и втором порядке степени шага h. Отсюда следует $C_1 = -1 - C_0/2$, $C_2 = 1 + C_0/4$.

Необходимым условием того, что в скобке (19), где собраны слагаемые в четвёртом порядке по шагу *h,* отсутствуют частные производные функции u(x, y) и остаются значения только частных производных f(x, y), является равенство $C_0 = -10/3$. Тогда $C_1 = 2/3$, $C_2 = 1/6$.

Доказательство Леммы 1 завершено.

Вводим третью, более мелкую равномерную сетку для разностной аппроксимации вторых частных производных функции f(x, y) по пяти узлам на каждой оси. Её шаблон изображён на рис. 2а. Дополнительные узлы помечены крестиками.

Вводим ещё одну четвёртую, более мелкую равномерную сетку для разностной аппроксимации четвёртых частных производных функции f(x, y) по семи узлам по каждой оси. Её шаблон изображён на рис. 2б.

Окончательно перепишем формулу (18), где учитываем уравнение Пуассона в задаче (4)–(5):

$$\frac{1}{h^2}\left(-\frac{10}{3}u_{0,0}+\frac{2}{3}F_2+\frac{1}{6}F_1\right)=$$
$$=f_{0,0}+\left(\begin{array}{l}h^2\dfrac{\Delta f}{12}+\dfrac{h^4}{360}\left(\dfrac{\partial^4 f}{\partial x^4}+\dfrac{\partial^4 f}{\partial y^4}\right)+\\ +\dfrac{h^4}{90}\dfrac{\partial^4 f}{\partial x^2\partial y^2}\end{array}\right)\Bigg|_{\substack{x=x_m\\y=y_n}}+ \qquad (20)$$
$$+O\left(h^6\right)=0.$$

Здесь все обозначения определены в (11)–(15). В правую часть (20) добавлена невязка (19), которая даёт поправку к решению, и её будем учитывать, используя итерационные численные методы.

Выражая из (20) центральное узловое значение $u_{0,0}$, построим заготовку явной формулы метода простой итерации:

$$u^{k+1}_{0,0}=\frac{F^k_2}{5}+\frac{F^k_1}{20}-\frac{3h^2}{10}f^k{}_{0,0}-$$
$$h^2\left(\begin{array}{l}(h^2\dfrac{\Delta f(x,y)}{40}+\\ +\dfrac{h^4}{1200}\left(\dfrac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^4}+\dfrac{\partial^4 f(x,y)}{\partial y^4}\right)+\\ +\dfrac{h^4}{300}\dfrac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^2\partial y^2})\end{array}\right)\Bigg|^k_{\substack{x=x_m\\y=y_n}}+O\left(h^6\right). \qquad (21)$$

Здесь через *k* обозначен номер итерации. В правой части все слагаемые вычисляются на *k*-ом шаге итерационного процесса. При $k = 0$, начальное значение выбирается в виде гладкой, непрерывно дифференцируемой функции. Формулы для вычисления правой части (21) выведены ниже.

Поскольку правая часть уравнения Пуассона в задаче стеганографии задана чис-

ленно в виде (5), то будем использовать разностные операторы для частных производных, входящих в (21), из [6, с. 22; 7, с. 33]. Используем для этого третью и четвёртую сетки с дробными шагами на шаблонах, описанных выше.

Для дальнейшего доказательства Теоремы 1 нужны ещё три вспомогательных утверждения.

Лемма 2. Оператор Лапласа с точностью $O(h^4)$ в виде квадратурной формулы в случае $h_1 = h_2 = h$ представим в виде:

$$\Delta f(x_m, y_n) \approx \left(-\frac{K_1}{3} + \frac{16K_2}{3} - 20 f_{0,0} \right) + O\left(h^4\right), \qquad (22)$$

где K_1, K_2, $f_{0,0}$ определены в (11), (15).

Доказательство. Линейный оператор Лапласа симметричен относительно переменных x, y:

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}. \qquad (23)$$

Тогда достаточно с указанной точностью аппроксимировать вторую производную.

Замечание 6. Теперь рассмотрим, временно (для вывода формулы и для того, чтобы показать, что эти рассуждения будут обобщены для функции двух переменных *f(x, y))* непрерывно дифференцируемую функцию одной переменной с тем же идентификатором *f*(*x*). Выберем дополнительную (временную, для вывода формулы), локальную на шаблоне систему координат с нулём в точке x_m, y_n.

Известна формула на трёх равноотстоящих узлах $f_{xx} = (f(-h) + f(h) - 2f(0))/h^2 = (f_{-1} + f_1 - 2f_0)/h^2 + O(h^2)$, которая имеет точность $O(h^2)$ [6, с. 22; 7, с. 33] на оси абсцисс (рис. 2а). Выберем пять равноотстоящих узлов на отрезке [-h, h], симметрично расположенных относительно начала координат:

$$f''_{xx}(0) \approx \frac{1}{h^2} \left(\begin{array}{l} B_0 f(0) + B_1 \left(f(-\frac{h}{2}) + f(\frac{h}{2}) \right) + \\ + B_2 \left(f(-h) + f(h) \right) \end{array} \right) \equiv \qquad (24)$$

$$\frac{1}{h^2} \left(B_0 f_0 + B_1 \left(f_{-1/2} + f_{1/2} \right) + B_2 \left(f_{-1} + f_1 \right) \right).$$

Здесь необходимо определить константы.

Методом неопределённых коэффициентов подберём весовые коэффициенты в формуле (24), чтобы она имела максимальный алгебраический порядок погрешности, следуя [8, с. 40].

Замечание 7. Предполагаем, что в малой окрестности нуля функция *f(x)* ведёт себя как степенная функция. Запишем функцию, вычислим производную и составим алгебраические уравнения по формуле (24):

1) $f(x) \equiv 1;\ f''_{xx}(0) = 0;\ \left(B_0 + B_1(1+1) + B_2(1+1) \right) = 0;$

$B_0 + 2B_1 + 2B_2 = 0;$

$f(x) = x;\ f''_{xx}(0) = 0;$

2) $\left(B_0 0 + B_1 \left(-\frac{h}{2} + \frac{h}{2} \right) + B_2 \left(-h + h \right) \right) = 0;\quad 0 \equiv 0;$

$f(x) = x^2;\ f_{xx}(0) = 2,$

3) $B_0 0^2 + B_1 \left(\left(-\frac{h}{2} \right)^2 + \left(\frac{h}{2} \right)^2 \right) + B_2 \left((-h)^2 + (h)^2 \right) = 0;$

$\frac{2B_1}{4} + 2B_2 = 2;$

$f(x) = x^3;\ f''_{xx}(0) = 6x\big|_{x=0} = 0;$

4) $B_0 0^3 + B_1 \left(\left(-\frac{h}{2} \right)^3 + \left(\frac{h}{2} \right)^3 \right) + B_2 \left((-h)^3 + (h)^3 \right) = 0;\quad 0 \equiv 0;$

$f(x) = x^4;\ f_{xx}(0) = 12x^2\big|_{x=0} = 0;$

5) $\left(B_0 0^4 + B_1 \left(\left(-\frac{h}{2} \right)^4 + \left(\frac{h}{2} \right)^4 \right) + B_2 \left((-h)^4 + h^4 \right) \right) =$

$= 0;\ \frac{2B_1}{16} + 2B_2 = 0;$

6) $f(x) = x^5;\quad f_{xx}(0) = 20x^3\big|_{x=0} = 0;\quad 0 \equiv 0.$

Получим СЛАУ (систему линейных алгебраических уравнений) и её решение:

$B_0 + 2б_1 + 2б_2 = 0;\ B_1 + 4B_2 = 4;\ B_1 + 16B_2 = 0;\ B_0 = -10;\ B_1 = 16/3;\ B_2 = -1/3.$

Подставим результаты вычислений в (24) и получим правило, по которому действует конечно-разностный оператор второго порядка *A* на функцию от переменной *x:*

$$f_{xx}(0) \approx A \circ f\big|_{x=0} =$$

$$= \frac{1}{h^2} \left(\begin{array}{l} -10 f_0 + \frac{16}{3} \left(f_{-1/2} + f_{1/2} \right) - \\ -\frac{1}{3} \left(f_{-1} + f_1 \right) \end{array} \right) + O\left(h^4\right). \qquad (25)$$

При составлении формулы (25) с учётом симметрии использовано шесть условий на коэффициенты точной для степенных многочленов одной переменной 1, x, x^2, x^3, x^4, x^5. Левая и правая часть формулы (23), вторая производная и квадратурная формула (линейная относительно узловых значений f_i) и фиксированные весовые коэффициенты B_i являются линейными функционалами. Тогда их разность, равная невязке аппроксимации формулы (23), также является линейным функционалом.

Следовательно, если невязка формулы (23) равна нулю для указанных степенных координатных функций 1, x, x^2, x^3, x^4, то в силу линейности невязки формула (23) является точной для всех алгебраических многочленов степени не выше 5. То есть доказано, что порядок погрешности числителя правой части (23) равен 6, то есть $O(h^6)$. Следовательно, погрешность второй производной в (23) $O(h^4) = O(h^6)/h^2$.

В силу симметрии построим второй конечно разностный оператор второго порядка *S*, который по тому же правилу действует на функцию от переменной *y* в силу симметрии (21).

Для функции двух переменных f(x, y) для оператора Лапласа с учётом (21), (23) получим:

$$\begin{aligned}&\Delta f \approx A \circ f(x_m, y_n) + S \circ f(x_m, y_n) = \\ &= \frac{1}{h_1^2}\left(-10 f_{0,0} + \frac{16}{3}\left(f_{-1/2,0} + f_{1/2,0}\right) - \frac{1}{3}\left(f_{-1,0} + f_{1,0}\right)\right) + \\ &+ \frac{1}{h_2^2}\left(\begin{array}{l} -10 f_{0,0} + \frac{16}{3}\left(f_{0,-1/2} + f_{0,1/2}\right) - \\ -\frac{1}{3}\left(f_{0,-1} + f_{0,1}\right)\end{array}\right) + O\left(h_1^4 + h_2^4\right).\end{aligned} \quad (26)$$

Для равных шагов $h_1 = h_2 = h$ формула (24) перейдёт в формулу:

$$\Delta f \approx \frac{1}{h^2}\left(\begin{array}{l} -\frac{1}{3}\left(f_{1,0} + f_{-1,0} + f_{0,1} + f_{0,-1}\right) + \\ +\frac{16}{3}\left(f_{\frac{1}{2},0} + f_{-\frac{1}{2},0} + f_{0,\frac{1}{2}} + f_{0,-\frac{1}{2}}\right) - \\ -20 f_{0,0}\end{array}\right) + O\left(h^4\right), \quad (27)$$

то есть (22).

Доказательство Леммы 2 завершено.

Лемма 3. Сумма четвёртых частных производных в (17) с точностью $O(h^4)$ в виде квадратурной формулы в случае $h_1 = h_2 = h$ представима в виде:

$$\begin{aligned}&\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial y^4} \approx A \circ (\mathrm{A} \circ f_{0,0}) + S \circ (\mathrm{S} \circ f_{0,0}) = \\ &= \frac{1}{h^4}\left(1512 f_{0,0} - \frac{1053}{2} Q_1 + 162\, Q_2 - \frac{27}{2} K_1\right),\end{aligned} \quad (28)$$

где Q_1, Q_2, K_1 определены в (13)–(15).

Доказательство проводим по схеме, аналогичной доказательству Леммы 2.

Далее следуем *Замечанию 6.* Рассмотрим четвёртую частную производную $f_{xxxx}^{(IV)}(x)$ как линейный оператор от функции f(x) переменной *x*. Аппроксимируем шаблоном на семи равноотстоящих узлах на отрезке [-h, h], симметрично расположенных относительно начала координат (рис. 2б):

$$f_{xxxx}^{(IV)}(0) = \frac{1}{h^4}\left(\begin{array}{l} I_0 f_0 + I_1\left(f_{-1/3} + f_{1/3}\right) + \\ +I_2\left(f_{-2/3} + f_{2/3}\right) + I_3\left(f_{-1} + f_1\right)\end{array}\right). \quad (29)$$

Методом неопределённых коэффициентов найдём весовые коэффициенты I_0, I_1, I_2, I_3 в формуле (27), аналогично рассуждениям, приведённым в Лемме 2, чтобы она имела максимальный алгебраический порядок погрешности [8, с. 40] (см. Замечание 7). Нетривиальные уравнения получим только в следующих порядках чётной степени *x:*

1) $f(x) \equiv 1;\ f_{xxxx}^{(4)}(0) = 0;\ I_0 + 2I_0 + 2I_0 + 2I_0 = 0;$

$f(x) = x^2;\quad f_{xxxx}^{(IV)}(0) = 0;$

3) $\left(\begin{array}{l} I_0 0^2 + I_1\left(\left(-\frac{h}{3}\right)^2 + \left(\frac{h}{3}\right)^2\right) + \\ +I_2\left(\left(-\frac{2h}{3}\right)^2 + \left(\frac{2h}{3}\right)^2\right) + \\ +I_3\left((-h)^2 + h^2\right)\end{array}\right) = 0;$

$I_1 + 4I_2 + 9I_3 = 0;$

$f(x) = x^4;\quad f_{xxxx}^{(IV)}(0) = 24;$

5) $\left(\begin{array}{l} I_0 0^4 + I_1\left(\left(-\frac{h}{3}\right)^4 + \left(\frac{h}{3}\right)^4\right) + \\ +I_2\left(\left(-\frac{2h}{3}\right)^4 + \left(\frac{2h}{3}\right)^4\right) + \\ +I_3\left((-h)^4 + h^4\right)\end{array}\right) = 0;$

$I_1 + 16I_2 + 81I_3 = 972;$

$f(x) = x^6;\quad f_{xxxx}^{(IV)}(0) = 360x^2\big|_{x=0} = 0;$

7) $\left(\begin{array}{l} I_0 0^6 + I_1\left(\left(-\frac{h}{3}\right)^6 + \left(\frac{h}{3}\right)^6\right) + \\ +I_2\left(\left(-\frac{2h}{3}\right)^6 + \left(\frac{2h}{3}\right)^6\right) + \\ +I_3\left((-h)^6 + h^6\right)\end{array}\right) = 0;$

$I_1 + 64I_2 + 729I_3 = 0.$

Получим СЛАУ и её решение:

$$\left\{\begin{array}{l} I_0 + 2I_1 + 2I_2 + 2I_3 = 0; I_1 + 4I_2 + 9I_3 = \\ = 0; I_1 + 16I_2 + 81I_3 = \\ = 972; I_1 + 64I_2 + 729I_3 = 0\end{array}\right\}.$$

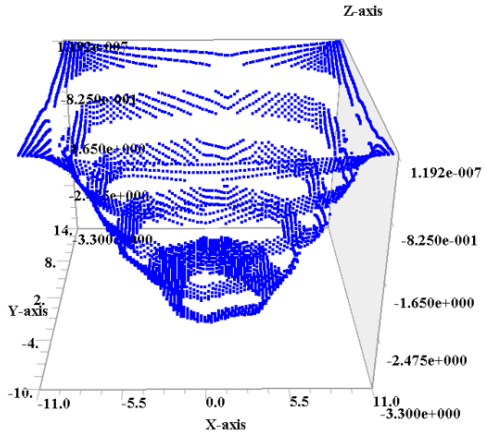
$$\left\{I_0 = 756, I_1 = -\frac{1053}{2}, I_2 = 162, I_3 = -\frac{27}{2}\right\}.$$

Тогда из этого для (27) получим квадратурную формулу с найденными коэффициентами:

Таблица 1

x	y	numerical	exact
0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000
1.25663706143592	0.000000000000000E+000	0.951056516295154	0.951056516295154
2.51327412287183	0.000000000000000E+000	0.587785252292473	0.587785252292473
0.000000000000000E+000	1.25663706143592	0.951056516295154	0.951056516295154
1.25663706143592	1.25663706143592	0.242612919304468	0.242612919291777
2.51327412287183	1.25663706143592	0.464240247098885	0.464240247090147
0.000000000000000E+000	2.51327412287183	0.587785252292473	0.587785252292473
1.25663706143592	2.51327412287183	0.415266199954766	0.415266199945460
2.51327412287183	2.51327412287183	0.450894988539345	0.450894988533041

а)



б)

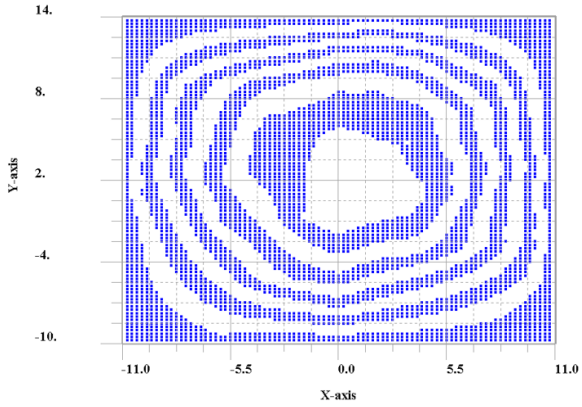


Рис. 4 а, б. Численное решение задачи Дирихле для уравнения Пуассона: а) численное решение задачи (4) с использованием формулы (13) и правой части в виде QR-кода по формуле (5) (вторая программа), б) поля линий уровня, построенные по рис. 4а.

$$f^{(IV)}_{xxxx}(0)=\frac{1}{h^4}\left(\begin{array}{l}756f_0-\frac{1053}{2}\left(f_{-1/3}+f_{1/3}\right)+\\+162\left(f_{-2/3}+f_{2/3}\right)-\frac{27}{2}\left(f_{-1}+f_1\right)\end{array}\right)+O\left(h^4\right). \quad (30)$$

После рассуждений, аналогичных приведенным в Лемме 2 ниже формулы (23), следует, что доказан порядок погрешности числителя правой части (28), и он равен восьми, т.е. $O(h^8)$. Следовательно, $O(h^4) = O(h^8)/h^4$.

Для функции двух переменных f(x, y) аналогично рассуждениям, приведённым в Лемме 2, получим:

$$\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^4}+\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial y^4}=A\circ(\mathrm{A}\circ f_{0,0})+S\circ(\mathrm{S}\circ f_{0,0})=$$

$$=\frac{1}{h_1^4}\left(756f_{0,0}-\frac{1053}{2}\left(f_{-1/3,0}+f_{1/3,0}\right)+\right.$$

$$\left.+162\left(f_{-2/3,0}+f_{2/3,0}\right)-\frac{27}{2}\left(f_{-1,0}+f_{1,0}\right)\right)+$$

$$+\frac{1}{h_2^4}\begin{pmatrix}756f_{0,0}-\frac{1053}{2}\left(f_{0,-1/3}+f_{0,1/3}\right)+\\+162\left(f_{0,-2/3}+f_{2/3,0}\right)-\\-\frac{27}{2}\left(f_{0,-1}+f_{0,1}\right)\end{pmatrix}+O\left(h_1^4+h_2^4\right). \quad (31)$$

Для равных шагов $h_1 = h_2 = h$ правая часть формулы (29) примет вид:

$$\frac{1}{h^4}\left(1512f_{0,0}-\left(\frac{1053}{2}\right)\left(f_{\frac{1}{3},0}+f_{-\frac{1}{3},0}+f_{0,\frac{1}{3}}+f_{0,-\frac{1}{3}}\right)+\right.$$
$$\left.+162\left(f_{\frac{2}{3},0}+f_{-\frac{2}{3},0}+f_{0,\frac{2}{3}}+f_{0,-\frac{2}{3}}\right)-\left(\frac{27}{2}\right)\left(f_{1,0}+f_{-1,0}+f_{0,1}+f_{0,-1}\right)\right).$$

Доказана формула (28).

Доказательство Леммы 3 завершено.

Лемма 4. Четвёртая смешанная производная $\left.\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^2\partial y^2}\right|_{\substack{x=x_m\\y=y_n}}$ с точностью $O(h^4)$ в случае $h_1 = h_2 = h$ представлена в виде:

$$\left.\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^2\partial y^2}\right|_{\substack{x=x_m\\y=y_n}} =$$
$$=\frac{1}{h^4}\begin{pmatrix}-100f_{0,0}-\frac{160}{3}K_2+\\+(\frac{16}{3})^2Z_1+\frac{10}{3}K_1-\frac{16}{9}Z_2+\frac{1}{9}Z_3\end{pmatrix}+O(h^4), \quad (32)$$

где K_1, K_2, Z_1, Z_2, Z_3 определены в (15).

Доказательство проведём конструктивно, исходя из формулы (23). По второй переменной функции f(x, y) для каждого слагаемого формулы (23) применим конечно-разностный оператор второго порядка, определённый при доказательстве Леммы 2. Для объяснения этого пользуемся шаблоном четвёртой сетки (см. рис. 2б). Пользуемся также симметрией применения оператора дифференцирования в (21). При этом первый аргумент по переменной *x* измениться не может, меняются вторые индексы узловых значений согласно формуле (23). Поскольку погрешность по переменной *x* имеет порядок $O(h^4)$, то исходное число слагаемых *q* увеличится не более чем в q^2 раз, то есть число слагаемых q^2 будет конечно и будет иметь погрешность вида $O(h^4)$ по классическим свойствам «О большое». Построим формулу в случае $h_1 = h_2 = h$ (33).

То есть получим (30).

Доказательство Леммы 4 завершено.

Далее подставляем все доказанные формулы (19), (22), (30) в заготовку (18) и получаем (13). То есть Теорема 1 доказана.

4. Тестирование формулы (13)

Используя формулу простой итерации (13) и тестовый пример (8) с решением, записанным через элементарные функции (9), составим программу на современном языке высокого уровня Fortran [10], поддерживающем максимальные массивы решения. Вычислим невязки между разностным численным решением задачи (8) и проекцией точного решения (9) на узлы базовой сетки (6) по норме Чебышева. Например, программа при «грубом» заданном числе итераций и параметрах значений, задающих число точек в области $m = 2000$, $n_1 = n_2 = 10$, вычисляет норму Чебышева (модуль максимальной разности между численным и точным значением в узле сетки) для невязки $2.113^{(e-7)}$. А при заданном числе итераций и параметрах значений, задающих число точек в области $m = 2000$, $n_1 = n_2 = 20$, программа возвращает норму Чебышева для невязки $3.306e^{(-9)}$, то есть порядок погрешности полученного алгоритма примерно равен $2.113e^{(-7)}/3.306e^{(-9)} = 61.91 = 2^6$. То есть порядок погрешности

$$f^{(IV)}_{xxyy}(x,y)_{\substack{x=x_m\\y=y_n}}=\frac{1}{h^2}\left(-10(S\circ\left(f_{0,0}\right))+\frac{16}{3}\left(S\circ\left(f_{-1/2,0}\right)+S\circ\left(f_{1/2,0}\right)\right)-\frac{1}{3}\left(S\circ\left(f_{-1,0}\right)+S\circ\left(f_{1,0}\right)\right)\right)=$$
$$=\frac{1}{h^4}\left(-10\left(-10f_{0,0}+\frac{16}{3}\left(f_{0,-1/2}+f_{0,1/2}\right)-\frac{1}{3}\left(f_{0,-1}+f_{0,1}\right)\right)+\frac{16}{3}\left(-10f_{-1/2,0}+\frac{16}{3}\left(f_{-1/2,-1/2}+f_{-1/2,1/2}\right)-\frac{1}{3}\left(f_{-1/2,-1}+f_{-1/2,1}\right)\right)+\right.$$
$$+\frac{16}{3}\left(-10f_{1/2,0}+\frac{16}{3}\left(f_{1/2,-1/2}+f_{1/2,1/2}\right)-\frac{1}{3}\left(f_{1/2,-1}+f_{1/2,1}\right)\right)-\frac{1}{3}\left(-10f_{-1,0}+\frac{16}{3}\left(f_{-1,-1/2}+f_{-1,1/2}\right)-\frac{1}{3}\left(f_{-1,-1}+f_{-1,1}\right)\right)-$$
$$\left.-\frac{1}{3}\left(-10f_{1,0}+\frac{16}{3}\left(f_{1,-1/2}+f_{1,1/2}\right)-\frac{1}{3}\left(f_{1,-1}+f_{1,1}\right)\right)\right)=\frac{1}{h^4}\left(100f_{0,0}-\frac{160}{3}\left(f_{0,-1/2}+f_{0,1/2}+f_{-1/2,0}+f_{1/2,0}\right)+\right. \quad (33)$$
$$+\frac{10}{3}\left(f_{0,-1}+f_{0,1}+f_{-1,0}+f_{1,0}\right)+\left(\frac{16}{3}\right)^2\left(f_{-1/2,-1/2}+f_{-1/2,1/2}+f_{1/2,-1/2}+f_{1/2,1/2}\right)-\left(\frac{16}{9}\right)\left(f_{-1/2,-1}+f_{-1/2,1}+f_{1/2,-1}+f_{1/2,1}+\right.$$
$$\left.\left.+f_{-1,-1/2}+f_{-1,1/2}+f_{1,-1/2}+f_{1,1/2}\right)+\left(\frac{1}{9}\right)\left(f_{-1,-1}+f_{-1,1}+f_{1,-1}+f_{1,1}\right)\right)+O\left(h^4\right).$$

равен 6 O(h^6)! (Параллельно создается несколько независимых программ (см. *Замечание 1*). Таким образом, тестирование алгоритма (10)–(31) по аналитическому примеру (8), (9) происходило отдельной (первой) программой, не связанной с QR-кодом. Но протестированное ядро первой программы использовалось во второй программе для QR-кода и с использованием формулы (5)).

Приведём более подробно пример работы первой программы для тестового примера (8) по формуле (13) с решением, записанным через элементарные функции (9) с m = 10000 – числом итераций, и $n_1 = n_2 = 50$ – числом интервалов равномерной сетки по осям x, y:

h_1 = 6.283185307179587E-002,

h_2 = 6.283185307179587E-002.

Приводим краткую выдержку из таблицы численных решений и сопоставлений их с точным решением (таблица 1 на с. 24).

Максимальное значение нормы Чебышева равно Norma C = 1,356223466864038E-11.

Из таблицы 1 видно, что различие решений происходит только в 11-м значащем знаке.

В этом расчёте константы принимают следующие значения $m = 10^4$, $n_1 = 88$, $n_2 = 96$, $m_1 = 22$, $m_2 = 24$, $x_{min} = -11$, $x_{max} = 11$, $y_{min} = -10$, $y_{max} = 14$.

Затем используется известная технология «водяных знаков», описанная в литературе, приведённой в [3], и выбирается подходящий, заранее оговоренный с «А», контейнер. Контейнер с информацией передается «А», который располагает заранее подготовленной программой восстановления «ВО». Можно передать несколько разных проекций решения для того, чтобы восстановить оригинал с малой вероятностью ошибки.

Некоторая аналогия в методе прослеживается в работе [11].

ВЫВОДЫ

Предложен новый конкретный вариант применения различных математических методов для построения системы математического обоснования возможности передачи с помощью инструментов стеганографии QR-кодов с высокой степенью достоверности. Показана возможность построения на этой основе программного обеспечения в виде специализированных приложений для использования в транспортной отрасли, например, для передачи информации о движении грузовых отправлений. Достоверность результатов подтверждается строгостью математических построений, апробированных с учётом результатов ранее опубликованных работ, а также многолетнего применения их в различных областях, таких, как расчёты разного вида в медицине, в физике плазмы, в теории и практике распознавания образов и методов обратной задачи рассеяния, электро- и магнитостатике, гидродинамике и т.д. К преимуществу метода относится возможность применить наработки и программы, имеющиеся в настоящее время, в указанных областях приложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волосова Н. К. Применение преобразования Радона в стеганографии // LXXI Международная конференция «Герценовские чтения». Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена. – СПб., 2018. – С. 234–238.

2. Волосова Н. К. Преобразование Радона и уравнения Пуассона в компьютерной стеганографии // Международная конференция по дифференциальным уравнениям и динамическим системам. – Суздаль, 2018. – С. 61.

3. Волосова Н. К., Вакуленко С. П., Пастухов Д. Ф. Способы передачи QR-кода в компьютерной стеганографии // Мир транспорта. – № 5. – 2018. – С. 14–25.

4. Пастухов Д. Ф., Пастухов Ю. Ф. Аппроксимация уравнения Пуассона на прямоугольнике повышенной точности // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки, Математика. – 2017. – № 12. – С. 62–77.

5. Волосова Н. К., Пастухов Д. Ф., Волосов К. А. Методы расширения области применения методов математической физики // Международная конференция «Квазилинейные уравнения и обратные задачи». QIPA Conference handbook and proceedings. – М.: МФТИ, 2018. – С. 20.

6. Бахвалов Н. С., Лапин А. В., Чижонков Е. В. Численные методы в задачах и упражнениях. – М.: Высшая школа, 2000. – 190 с.

7. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы математической физики. – М.: Научный мир. 2003. – 317 с.

8. Колмогоров А. Н., Фомин С. В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Физматлит, 2004. – 572 с.

9. Волков К. Н., Дерюгин Ю. Н., Емельянов В. Н., Карпенко А. Г., Козелков Ф. С., Тетерина И. В. Методы ускорения газодинамических расчётов на неструктурированных сетках. – М.: Физматлит, 2013. – 536 с.

10. Бартеньев О. В. Современный Фортран. – 3-е изд., доп. и перераб. – М.: Диалог-МИФИ, 2000. – 449 с.

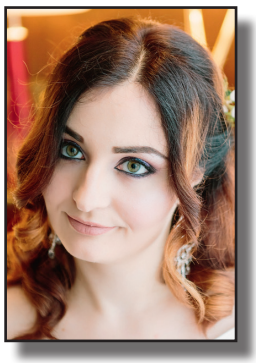
11. Пикалов В. В., Казанцев Д. И. Итерационное восстановление возмущения синограммы в пространстве Радона для задач стеганографии // Вычислительные методы и программирование. – 2008. – № 1. – С. 1–9.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-16-39

Some Methods of QR code Transmission using Steganography







Dmitry F. PASTUKHOV **Natalya K. VOLOSOVA** **Alexandra K. VOLOSOVA**

Pastukhov, Dmitry F., *Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus.*
Volosova, Natalya K., *Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia.*
Volosova, Alexandra K., *LLC «Trumplin», Moscow, Russia*.*

ABSTRACT

The article presents additional options for development of the previously described method [3] of covertly transmitting a QR code using steganography, which may be required for delivery of information related to the transportation process and other tasks solved in transport. In particular, a new detailed option of application of different mathematical methods used in various scientific fields (for example, multi-grid method for difference approximation of the Dirichlet boundary-value problem for the Poisson equation with a high degree of accuracy) was proposed. An effective iterative formula was constructed for cases of complex sources distribution. The method reduces the number of iterations and the likelihood of an error when restoring the original and allows to create a respective application software.

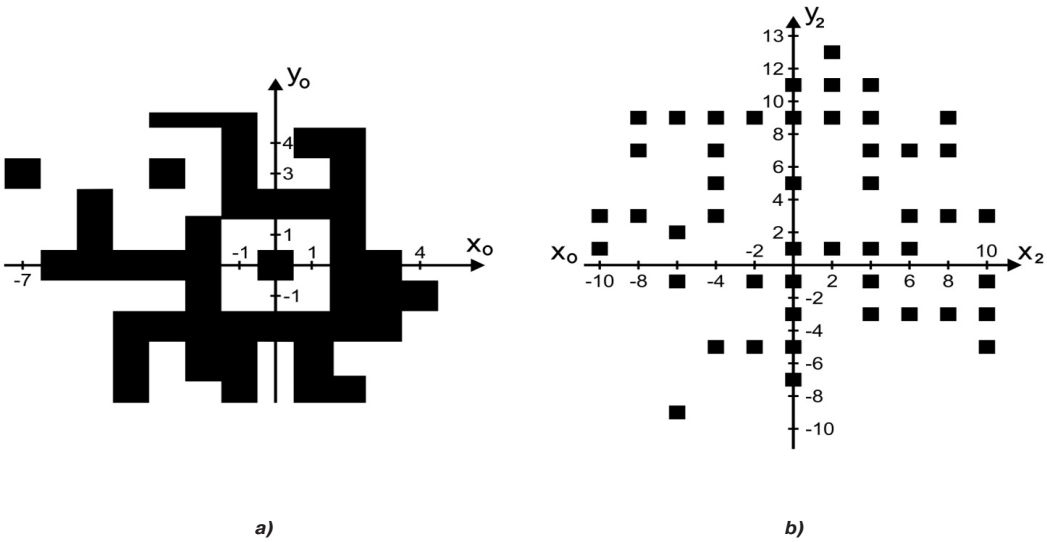
Keywords: steganography, QR code, effective iterative formula of high accuracy, Poisson's equation, iterative methods, stegacontainer, transport.

*Information about the authors:
Pastukhov, Dmitry F. – Ph.D. (Physics and Mathematics), associate professor at the department of programming technologies of Polotsk State University, Novopolotsk, Belarus, dmitrij.pastuhov@mail.ru.
Volosova, Natalya K. – Ph.D. student of Bauman Moscow State Technical University (National Research University of Technology), Moscow, Russia, navolosova@yandex.ru.
Volosova, Alexandra K. – Ph.D. (Physics and Mathematics), head of the analytical department of LLC «Trumplin», Moscow, Russia, alya01@yandex.ru.

Article received 04.02.2019, accepted 28.05.2019.

For the original Russian text please see p. 16.

Acknowledgements. The authors express gratitude to S. P. Vakulenko, K. A. Volosov, M. A. Basarab, A. L. Balandin, V. G. Danilov, V. V. Pikalov for the attention to the paper, assistance and useful advice.



a) *b)*

Pic. 1a, b. Fragment of a QR code.

Introduction. The scope of modern scientific discussion comprises both issues of using a QR code to solve problems of transmission of information for transportation process purposes, and of methods and algorithms associated with the use of steganography for this purpose. The use of mathematical physics methods allows to increase strength of cryptographic algorithms against the attempts to unauthorizedly acquire information. This will increase safety of transportation and stability of transport operations.

Some important aspects of the problems in transportation of dangerous goods are discussed in [3, p. 14]. In [1, 3], the algorithm of direct and inverse Radon transforms is implemented using a specific example. The same works [1, 3] for the first time proposed to use the steganography for transmission of a QR code.

The [2, 3] for the first time proposed to use a solution of the Dirichlet boundary value problem solution in Poisson equation to transmit a QR code. It is assumed that someone (SO) wants to send information to the addressee (A) encoded in a QR code secretly from an outside observer.

To do this, the given QR code is divided into the same elementary «white» and «black (shaded)» squares and their centers of gravity are calculated.

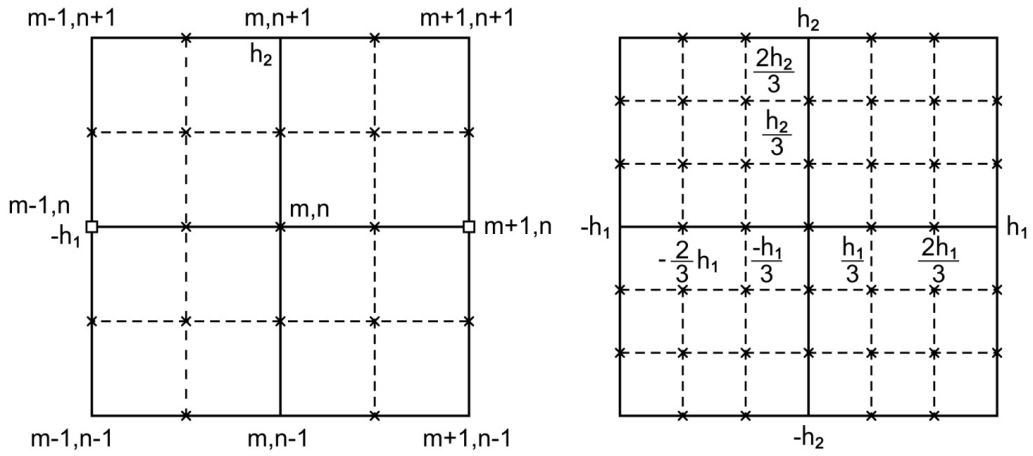
The function of two variables is assigned:

$$\varphi(x,y)=\begin{cases}1, & if\ (x,y)\in\Omega,\\ 0, & if\ (x,y)\notin\Omega\end{cases}, \qquad (1)$$

where Ω is a black (shaded) area (Pic. 1), which can be represented as a combination of a certain set of elementary squares. The masked image is a transformed QR code in which the transmitted information is located. The function (1), which has discontinuities of the first kind at some boundaries of the «black» squares, is calculated.

In [1, 3], methods of preliminary masking and sophistication of a message were proposed, for example, the method used in the theory of fractals, namely, «iteration by linear systems». Accordingly, an intermediate iteration process is organized $x_{s+1} = e_0 + a_0 x_s + b_0 y_s$, $y_{s+1} = f_0 + c_0 x_s + d_0 y_s$, where s = 0,1... iteration number, and x_s, y_s are the coordinates of the centers of gravity of elementary «black» squares that make up the QR code in the Cartesian coordinate system. The origin, the point (0,0) on Ω, the scale and the direction of the axes relative to the graph are known only to SO and are associated with a given QR code. The same applies to the given constants $\{e_0, a_0, b_0, f_0, c_0, d_0\}$ and the selected number of iterations s. Thus, additional keys appear. Note that the structure and geometry during each iteration change significantly, but there is a unique inverse transformation given in [3]. It is possible to transmit any iteration.

The first iteration shown in Pic. 1a, is described in [3, p. 16]. Pic. 1b shows the second iteration of the QR code fragment using linear



a) *b)*

Pic. 2a, b. Used grid patterns. The outer rectangle corresponds to a nine-point pattern with a high order of approximation of the Poisson equation in a rectangle [4] and in the «base» grid (6).

systems $a_0 = 1$, $b_0 = -1$, $c_0 = 1$, $d_0 = 1$ $e_0 = 1$, $f_0 = 2$.

The *objective* of this work is to further develop the method for transmitting information previously set forth in [3] using the boundary problem for the Poisson equation by developing an effective iterative formula for a complex system of distributed sources in the problem of steganography and by developing a second program on this basis.

The study used *methods* of applied mathematics, in particular, the method of the Dirichlet boundary value problem solution for the Poisson equation, the Gauss distribution, methods for solving differential equations and systems of linear algebraic equations.

Results.

1. Preliminary remarks

Remark 1. To solve the problem of hidden transmission of QR codes, it is proposed to biuld two software programs in parallel. The first program describes the procedure for calculating the solution of a boundary value problem with zero boundary conditions in a rectangle for the Poisson equation, which is suitable for a large family of QR codes. All keys (required constant values) are computed or specified. The second program restores the original using the image separated from the «stegacontainer».

In the model version described in this work three objects are considered: the original «O», the image obtained after the integral transformation «I», the restored original «RO». The restored original «RO» may differ from «O» by an error arising due to noise and to solution of the inverse ill-posed problem.

Remark 2. Note that in the calculations, the integer coordinates of the centers of gravity of elementary squares for formula (5) were specified in the second program manually.

Definition. The masking function will be called the function $\chi(x, y)$, which can specify the coordinates of «black» squares that did not exist in the given QR code and that supplement their set.

Let's build the amount:

$$f(x, y) = \phi\chi(x, y) + \chi(x, y). \quad (2)$$

Images on the projection plane of the graph of the function (2) are considered analogously to the example in Pic. 1. Similarly to (1), we assume that at the points (x, y), belonging to the «black» squares, the function (2) takes the value of one, and the function is zero at the points (x, y) belonging to «white» squares. At the stage of difference approximation of the problem, we use the «twin» of the function f(x, y) in the form of a discontinuous function

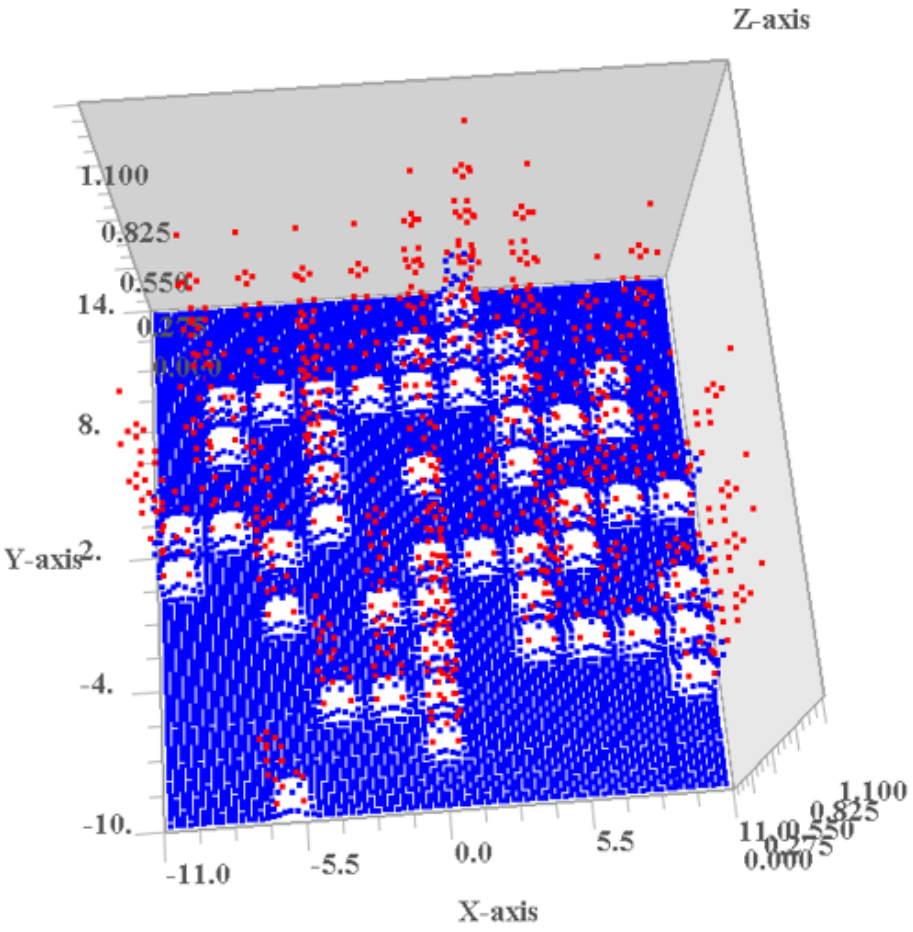
$$N(x,y) = \begin{cases} 1, & if\ (x,y) \in \Omega, \\ 0, & if\ (x,y) \notin \Omega \end{cases}. \quad (3)$$

We will call (3) an «indicator» function.

Its role is described below in Remark 3.

2. The method of information transmission using the boundary value problem for the Poisson equation

We will place the graph corresponding to function (2) on the plane inside the contour, which represents a rectangle of such a minimum



Pic. 3. The function of the right side of the problem (4), calculated by the formula (5) for the source shown in Pic. 1b.

area with sides parallel to the axes of the Cartesian coordinate system, that all «black» (shaded) squares are inside it. The case when this rectangle turns out to be a square, is rare and simpler, it was briefly considered in [3, p. 19]. Then it is possible to do with a uniform grid with a constant step h. Typically, in such a formation a QR code generates a rectangle on a plane. If we use a step obtained by splitting the minimum side, then in order to reduce computations in the whole area, it is obviously necessary from practical point of view to introduce the second somewhat larger step in the direction of the long side of the rectangle. The sides of an elementary black shaded rectangle should be related as rational numbers, for example, 1 : 2. By this, we reduce the number of calculations, but the «black» squares are transformed into rectangles, and the area occupied by the formulas increases by about three times.

So, in many cases, the quadrilateral contour of the minimum area, covering all shaded elementary squares, in the graphic image of the function f(x, y) (3) turns out to be a rectangle (Pic. 1). Let's denote the inner area by Ω_0. For certainty of b and for brief formulas, we assume $x_{max} = a > 0$, $y_{max} = d > 0$, $x_{min} = b < 0$, $y_{min} = c < 0$.

We denote by $m_1 = |x_{max} - x_{min}|$, $m_2 = |y_{max} - y_{min}|$ the lengths of the sides of the contour rectangle. Let's consider the internal Dirichlet boundary value problem for the Poisson equation with homogeneous boundary conditions:

$$\frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial y^2} = f(x,y), \qquad (4)$$

$a < x < b$, $c < y < d$, $u(a, y) = u(b, y) = u(x, c) = u(x, d) = 0$.

The entire area is divided into elementary «white» and «black» rectangles by the first «large» two-dimensional natural grid.

At the first stage of the transformation of the problem (4), we replace the function with discontinuities of the first kind (4) with a continuous, infinitely differentiable function, namely with the sum of two-dimensional Gaussians. Then the conditions of existence and uniqueness of the theorem for the solution of problem (3)–(5) are satisfied [4, p. 137]. Here we have introduced the following notation: V is the set of pairs of centers of Cartesian coordinates on the plane of «black» squares inside Ω, and W is the set of pairs of coordinates of the centers of gravity on the plane of all «white» and «black» squares inside Ω. At the second stage of the difference approximation of the problem (4) in the program we use the function:

$$f_{mn} = \sum_{\nu,\delta=1}^{m_1,m_2} N_{\nu,\delta} \exp\left(-\left(\frac{x_m - x_\nu}{\eta \cdot h_{11}}\right)^2 - \left(\frac{y_n - x_\delta}{\eta \cdot h_{22}}\right)^2\right),$$
$$\nu = \overline{1,m_1}, \delta = \overline{1,m_2}, \nu, \delta, m, n \in N,\ b - a = h_{11} \cdot m_1 = \quad (5)$$
$$= h_1 \cdot n_1;\ d - c = h_{22} \cdot m_2 = h_2 \cdot n_2, \nu = \overline{1,m_1},$$
$$\delta = \overline{1,m_2}, m = \overline{0,n_1}, n = \overline{0,n_2}.$$

Here (h_{11}, h_{22}) is a coarse-grid vector; the steps of the coarse grid are equal to the sides of the large black (white) cell for specifying the QR code, (h_1, h_2) is the minimum grid step vector for solving the Poisson equation:
$x_m = a + mh_1$, $y_n = c + nh_2$, $m = 0,..., n_1$, $n = 0,..., n_2$, $x_\nu = a + \nu h_{11}$, $y_\delta = c + \delta h_{22}$,
$\nu = 1,..., m_1$, $\delta = 1,..., m_2$, $(\nu, \delta) \in V$, $(x_m, y_n) \in W$.

Thus, a second, two-dimensional uniform «base» grid [9] (Pic. 2a) was introduced with steps:

$$a < x < b, c < y < d,$$
$$\omega_{n_1,n_2} = \left\{ \begin{array}{l} x_m = a + mh_1,\ y_n = c + nh_2, m = \overline{0,n_1}, \\ n = \overline{0,n_2}, h_1 = \frac{m_1}{n_1} h_{11} = \frac{b-a}{n_1}, h_2 = \frac{m_2}{n_2} h_{22} = \frac{d-c}{n_2} \end{array} \right\}. \quad (6)$$

The lengths of the sides of an elementary «white» and «black» rectangle are in general considered by the program as multiples of the smaller steps of the «base» grid h_1, h_2. The centers of «black» squares (rectangles in the general case) (x_δ, y_ν) are determined by formula (5), and in the example in this paper, the coefficient responsible for variance in functions (5) is chosen as $\eta = 0.5$. This choice is not the single one.

Remark 3. Note that n_1, n_2, m_1, m_2 are positive integers, program parameters. The program uses for technical purposes the differential approximation of the «indicator» function (3) $N_{\nu,\sigma}$ on the grid (6):

$$\nu = \overline{1,m_1}, \delta = \overline{1,m_2}, N_{\nu,\delta} = \begin{cases} 1, (\nu,\delta) \in N_1^2 \\ 0, (\nu,\delta) \in N_2^2 \end{cases}, \quad (7)$$

where N_1^2 is a two-dimensional set of pairs of node numbers – the centers of «black» rectangles. Similarly: N_2^2 is a two-dimensional set of pairs of nodes – the centers of «white» rectangles, $N_1^2 \cup N_2^2 = W$.

Function (5) defines the complex structure of distributed sources. The center of a Gaussian is a point on the plane in which the local maximum of the function is located, which, similar to the Gaussian distribution, coincides with the center of gravity of the «black» square.

Firstly, (5) well approximates and smooths the boundary of the discontinuity between the «white» and «black» squares (in general, rectangles), which has existed before. The «indicator» function performs the erasure of the «tails» of the Gauss distribution, if they «got in» the «white» squares (in general, rectangles). Secondly, it makes it easier to check stability of the work of both programs (see Remark 1) not only in the example under consideration (Pic. 1), but also for any other representative of the family of functions (2) generated by another QR code.

Remark 4. There is an exact solution to the problem (4), (5), expressed in terms of the Green's function [5, p. 126], which, unfortunately, is only of theoretical interest. In practice, it generates the sum of rapidly oscillating terms of a series with slowly decreasing coefficients, while it is necessary to calculate the integrals of them.

Remark 5. Based on the need to present the material in an understandable and simple form using the example of simple formulas, we skip a number of steps. For practical application of the proposed method, more complex formulas can be found in [9]. At the same time, we leave markers for the process of restoring formulas in the form of different steps, and write some simple formulas for two different steps. The most cumbersome formulas are given for the simplified case $h_1 = h_2 = h$, whereas separate formulas for different steps are three times more voluminous and have an approximation error lower by 2 orders of magnitude [4], [9].

$$f(x_{m-1}, y_{n-1}) = f_{-1,-1}, \quad f(x_{m+1}, y_{n-1}) = f_{1,-1}, \; f(x_{m-1}, y_{n+1}) = f_{-1,1}, \; f(x_{m+1}, y_{n+1}) = f_{1,1}, \quad (Z_3)$$
$$f(x_{m+1}, y_n) = f_{1,0}, \qquad f(x_{m-1}, y_n) = f_{-1,0}, \; f(x_m, y_{n+1}) = f_{0,1}, \qquad f(x_m, y_{n-1}) = f_{0,-1}, \quad (K_1)$$
$$f(x_{m-1/2}, y_n) = f_{-1/2,0}, \; f(x_{m+1/2}, y_n) = f_{1/2,0}, \; f(x_m, y_{n+1/2}) = f_{0,1/2}, \; f(x_m, y_{n-1/2}) = f_{0,-1/2}, (K_2)$$
$$f(x_{m+1/3}, y_n) = f_{1/3,0}, \; f(x_{m-1/3}, y_n) = f_{-1/3,0}, \; f(x_m, y_{n+1/3}) = f_{0,1/3}, \; f(x_m, y_{n-1/3}) = f_{0,-1/3}, \; (Q_1)$$
$$f(x_{m+2/3}, y_n) = f_{2/3,0}, f(x_{m-2/3}, y_n) = f_{-2/3,0}, \; f(x_m, y_{n+2/3}) = f_{0,2/3}, \; f(x_m, y_{n-2/3}) = f_{0,-2/3}, \; (Q_2) \qquad (12)$$
$$f(x_{m-1/2}, y_{n-1/2}) = f_{-1/2,-1/2}, \quad f(x_{m-1/2}, y_{n+1/2}) = f_{-1/2,1/2}, \quad f(x_{m+1/2}, y_{n-1/2}) = f_{1/2,-1/2},$$
$$f(x_{m+1/2}, y_{n+1/2}) = f_{1/2,1/2}, (Z_1)$$
$$f(x_{m-1/2}, y_{n-1}) = f_{-1/2,-1}, \; f(x_{m-1/2}, y_{n+1}) = f_{-1/2,1}, \quad f(x_{m+1/2}, y_{n-1}) = f_{1/2,-1},$$
$$f(x_{m+1/2}, y_{n+1}) = f_{1/2,1}, \; f(x_{m-1}, y_{n-1/2}) = f_{-1,-1/2}, \quad f(x_{m-1}, y_{n+1/2}) = f_{-1,1/2},$$
$$f(x_{m+1}, y_{n-1/2}) = f_{1,-1/2}, \; f(x_{m+1}, y_{n+1/2}) = f_{1,1/2}, \quad (Z_2)$$

3. Building an effective iterative formula for a complex system of distributed sources in the problem of steganography

To test the program, let's build an example:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \dfrac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 2\sin(x) + \sin(y), 0 < x < \pi, 0 < y < \pi, \\ u(0, y) = u(\pi, y) = 0, \quad u(x, 0) = u(x, \pi) = 0, \end{cases} \qquad (8)$$

with the exact solution written through elementary functions:

$$u(x, y) = 2\sin(x)\left(ch(y) - 1 + \left(\frac{1 - ch(\pi)}{sh(\pi)}\right) sh(y)\right) + \\ + \sin(y)\left(\left(\frac{1 - ch(\pi)}{sh(\pi)}\right) sh(x) + ch(x) - 1\right). \qquad (9)$$

In this example, the right-hand side in (8) is a continuously differentiable function inside the domain, and the solution satisfies zero boundary conditions.

We will compare the numerical solution of problem (4)–(5) proposed in this work with the solution (9) of problem (8) by the number of iterations and accuracy, if instead of the right part we use the well-known analytical function (8) and its exact solution (9) instead of the algorithmically specified QR code using formula (5), since the analytical solution for the right side of the Poisson equation, as shown in Pic. 3, is unknown.

Derived relation 1. For a continuously differentiable function f(x, y) in the domain Ω_0 from (4), we have the derived relations:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = f(x, y) - \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} = \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} - \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2},$$

$$\frac{\partial^6 u}{\partial y^6} = \frac{\partial^4 f}{\partial y^4} - \frac{\partial^6 u}{\partial x^2 \partial y^4}, \quad \frac{\partial^6 u}{\partial x^4 \partial y^2} = \frac{\partial^4 f}{\partial x^2 \partial y^2} - \frac{\partial^6 u}{\partial x^2 \partial y^4}, etc. \qquad (10)$$

Formulas (10) follow from (4).

For a brief record, the notation is introduced:

$$u(x_{m-1}, y_{n-1}) = u_{-h_1,-h_2}, u(x_{m+1}, y_{n-1}) = u_{h_1,-h_2},$$
$$u(x_{m-1}, y_{n+1}) = u_{-h_1,h_2}, u(x_{m+1}, y_{n+1}) = u_{h_1,h_2},$$
$$u(x_m, y_n) = u_{0,0}, \qquad u(x_{m-1}, y_n) = u_{-h_1,0}, \qquad (11)$$
$$u(x_{m+1}, y_n) = u_{h_1,0}, \qquad u(x_m, y_{n-1}) = u_{0,-h_2},$$
$$u(x_m, y_{n+1}) = u_{0,h_2}.$$

Similarly to (11) we introduce the notation (12).

Theorem 1. An effective iterative formula for a complex system of distributed sources in the problem (4)–(5) in the case $h_1 = h_2 = h$ has the form:

$$u^{k+1}(x_m, x_n) \equiv u_{m,n}^{k+1} \equiv u_{0,0}^{k+1} = \frac{F_2}{5} + \frac{F_1}{20} - \\ -h^2\left[\frac{3}{10} f_{0,0} + \frac{1}{40}\left(-\frac{K_1}{3} + \frac{16}{3} K_2 - 20 f_{00}\right) + \right. \\ \left. + \frac{1}{1200}\left(1512 f_{00} - \frac{1053 Q_1}{2} + 162 Q_2 - \frac{27 K_1}{2}\right)\right] - \qquad (13) \\ -\frac{h^2}{300}\left[100 f_{0,0} - \frac{160 K_2}{3} + \left(\frac{16}{3}\right)^2 Z_1 - \right. \\ \left. - \frac{16}{9} Z_2 + \frac{Z_3}{9} + \frac{10 K_1}{3}\right] + O(h^6).$$

The following notations are introduced:

$$F_1 = u_{-h,-h} + u_{h,-h} + u_{-h,h} + u_{h,h}, \\ F_2 = u_{-h,0} + u_{h,0} + u_{0,-h} + u_{0,h}, \quad f(x_m, y_n) = f_{0,0}, \qquad (14)$$

and

$$K_1 = f_{1,0} + f_{-1,0} + f_{0,1} + f_{0,-1},$$
$$K_2 = f_{-1/2,0} + f_{1/2,0} + f_{0,1/2} + f_{0,-1/2},$$
$$Q_1 = f_{1/3,0} + f_{-1/3,0} + f_{0,1/3} + f_{0,-1/3},$$
$$Q_2 = f_{2/3,0} + f_{-2/3,0} + f_{0,2/3} + f_{0,-2/3},$$
$$Z_1 = f_{-1/2,-1/2} + f_{-1/2,1/2} + f_{1/2,-1/2}, + f_{1/2,1/2}, \qquad (15)$$
$$Z_2 = f_{-1/2,-1} + f_{-1/2,1} + f_{1/2,-1} + f_{1/2,1} + \\ + f_{-1,-1/2} + f_{-1,1/2} + f_{1,-1/2} + f_{1,1/2},$$
$$Z_3 = f_{-1,-1} + f_{1,-1} + f_{-1,1} + f_{1,1},$$

which are simplified. For example, one should read: $f_{-1,-1} = f(x_{m-1}, y_{n-1})$, $vf_{1,-1} = f(x_{m+1}, y_{n-1})$, $u_{0,0} = u(x_m, y_n)$...and so on (see Pic. 2). Thus, the counting inside the pattern goes from the center point $(x_m, y_n) = (0,0)$.

Proof. We choose a nine-point pattern with a high order of approximation of the Poisson equation in a rectangle (Pic. 2). In [3], a formula was obtained approximating the sum of four function values at nodes with vertices of a rectangle not lying on the coordinate axes (Pic. 2a) $(-h_, -h_2)$, $(-h_1, h_2)$, $(h_1, -h_2)$, (h_1, h_2).



We rewrite it for equal steps $h_1 = h_2 = h$, using the decomposition into a Taylor series for small values of h (Pic. 2a):

$$u_{-h,-h} + u_{h,-h} + u_{-h,h} + u_{h,h} = 4u_{0,0} + \left(\begin{array}{l} 2h^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \\ + \frac{h^4}{6} \left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 6 \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} \right) \end{array} \right) \Bigg|_{\substack{x=x_m \\ y=y_n}} + O(h^6). \quad (16)$$

If the vertices of the rhombus are located in nodes lying on the coordinate axes $(-h_1, 0)$, $(0, h_2)$, $(0, h_1)$, $(h_2, 0)$ (Pic. 2a), then for equal steps $h_1 = h_2 = h$, we get a Taylor expansion:

$$u_{-h_1,0} + u_{h_1,0} + u_{0,-h_2} + u_{0,h_2} = 4u_{0,0} + \left(\begin{array}{l} h^2 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \\ + \frac{h^4}{12} \left(\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} \right) \end{array} \right) \Bigg|_{\substack{x=x_m \\ y=y_n}} + O(h^6). \quad (17)$$

Following [4], we approximate the Laplace operator with a linear quadrature formula:

$$\Delta u \approx \frac{1}{h^2} \left(\begin{array}{l} C_0 u_{0,0} + C_1 \left(u_{-h,0} + u_{h,0} + u_{0,h} + u_{0,-h} \right) \\ + C_2 \left(u_{-h,-h} + u_{h,-h} + u_{-h,h} + u_{h,h} \right) \end{array} \right), \quad (18)$$

where constants are to be defined.

Lemma 1.

For a continuously differentiable function f(x, y) from $C^{\infty}(R^2)$ in the problem (4)–(5), the constants and the residual of formula (18) have the form $C_1 = 2/3$, $C_2 = 1/6$, $C_0 = -10/3$,

$$R(f) = \frac{h^2}{12} \Delta f(x_m, y_n) + \frac{h^4}{360} \left(\frac{\partial^4 f(x_m, y_n)}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 f(x_m, y_n)}{\partial y^4} \right) + \frac{h^4}{90} \frac{\partial^4 f(x_m, y_n)}{\partial x^2 \partial y^2} + O(h^6). \quad (19)$$

Proof will be given for a simplified case $h_1 = h_2 = h$.

In [4; 6, p. 23] it is proved that only the terms in the fourth and sixth degree of step h can be expressed in terms of the partial derivatives of the function f(x, y) at the central point of the pattern (Pic. 3).

Substituting in (16) the blanks of formulas (14), (15) and using the derived relation (10), we obtain three algebraic equations $C_0 + 4C_1 + 4C_2 = 0$, $C_1 + 2C_2 = 1$, $C_1 - 4C_2 = 0$. These are necessary conditions for equality to zero of the terms, grouped in zero and second order of degree of the step h. This implies $C_1 = -1 - C_0/2$, $C_2 = 1 + C_0/4$.

The necessary condition for the fact that in bracket (19), where the summands are collected in the fourth order in step h, there are no partial derivatives of the function u(x, y) and the values of only the partial derivatives f(x, y) remain, is the equation $C_0 = -10/3$. Then $C_1 = 2/3$, $C_2 = 1/6$.

The proof of Lemma 1 is complete.

We introduce the third smaller uniform grid for the difference approximation of the second partial derivatives of the function f(x, y) by five nodes along each axis. Its pattern is shown in Pic. 2a Additional nodes are marked with crosses.

We introduce a fourth, smaller uniform grid for the difference approximation of the fourth partial derivatives of the function f(x, y) by seven nodes along each axis. Its pattern is shown in Pic. 2b.

Finally, we definitively rewrite the formula (18), where we consider the Poisson equation in the problem (4)–(5):

$$\frac{1}{h^2} \left(-\frac{10}{3} u_{0,0} + \frac{2}{3} F_2 + \frac{1}{6} F_1 \right) = f_{0,0} + \left(h^2 \frac{\Delta f}{12} + \frac{h^4}{360} \left(\frac{\partial^4 f}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 f}{\partial y^4} \right) + \frac{h^4}{90} \frac{\partial^4 f}{\partial x^2 \partial y^2} \right) \Bigg|_{\substack{x=x_m \\ y=y_n}} + O\left(h^6\right) = 0. \quad (20)$$

Here the notation is defined in (11)–(15). The residual (19) is added to the right-hand side of (20), which gives an amendment to the solution, and we will take it into account using iterative numerical methods.

Expressing from (20) the central nodal value $u_{0,0}$, we build a blank of the explicit formula for a simple iteration method:

$$u^{k+1}_{0,0} = \frac{F^k_2}{5} + \frac{F^k_1}{20} - \frac{3h^2}{10} f^k_{0,0} - h^2 \left(\begin{array}{l} \left(h^2 \frac{\Delta f(x,y)}{40} + \right. \\ \left. + \frac{h^4}{1200} \left(\begin{array}{l} \frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^4} + \\ + \frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial y^4} \end{array} \right) + \frac{h^4}{300} \frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^2 \partial y^2} \right) \Bigg|^k_{\substack{x=x_m \\ y=y_n}} + O\left(h^6\right) \end{array} \right). \quad (21)$$

Here k is the iteration number. In the right part, all terms are calculated at the k-th step of the iteration process. When k = 0, the initial value is selected as a smooth, continuously differentiable function. The formulas for calculating the right-hand side of (21) are derived below.

Since the right side of the Poisson equation in the problem of steganography is given numerically in the form of (5), we will use difference operators for the partial derivatives

in (21) from [6, p. 22; 7, p. 33]. We use for this the third and fourth grids with fractional steps for the patterns described above.

For further proving Theorem 1, we need three more auxiliary statements.

Lemma 2. The Laplace operator with $O(h^4)$ accuracy in the form of a quadrature formula in the case $h_1 = h_2 = h$ can be represented as:

$$\Delta f(x_m, y_n) \approx \approx \left(-\frac{K_1}{3} + \frac{16K_2}{3} - 20 f_{0,0}\right) + O\left(h^4\right), \quad (22)$$

where K_1, K_2, $f_{0,0}$ are defined in (11), (15).

Proof. The linear Laplace operator is symmetric with respect to variables x, y:

$$\Delta f = \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x,y)}{\partial y^2}. \quad (23)$$

Then it is sufficient to approximate the second derivative with the specified accuracy.

Remark 6. Now we consider, temporarily (to derive a formula and to show that these arguments will be generalized for a function of two variables f(x, y)) a continuosly differentiable function of one variable with the same identifier f(x). We choose an additional (temporary, for derivation of the formula) local coordinate system in the pattern with zero at the point x_m, y_n.

A formula is known for three equidistant nodes $f_{xx} = (f(-h) + f(h) - 2f(0))/h^2 = (f_{-1} + f_1 - 2 f_0)/h^2 + O(h^2)$, which has an accuracy of $O(h^2)$ [6, p. 22; 7, p. 33] on the x-axis (Pic. 2a). We choose five equidistant nodes within the segment [-h, h], symmetrically located relative to the grid origin:

$$f''_{xx}(0) \approx \frac{1}{h^2}\left(\begin{array}{l} B_0 f(0) + B_1\left(f(-\frac{h}{2}) + f(\frac{h}{2})\right) + \\ + B_2\left(f(-h) + f(h)\right) \end{array}\right) \equiv \quad (24)$$

$$\frac{1}{h^2}\left(B_0 f_0 + B_1\left(f_{-1/2} + f_{1/2}\right) + B_2\left(f_{-1} + f_1\right)\right).$$

Here it is necessary to define constants.

Using the method of indefinite coefficients, we select weight coefficients in the formula (24) so that it has the maximum algebraic order of error, following [8, p. 40].

Remark 7. We assume that in a small neighborhood of zero the function f(x) behaves like a power function. We write the function, calculate the derivative and construct algebraic equations using formula (24):

$f(x) = x; \quad f''_{xx}(0) = 0;$

2) $\left(B_0 0 + B_1\left(-\frac{h}{2} + \frac{h}{2}\right) + B_2\left(-h + h\right)\right) = 0;$

$0 \equiv 0;$

$f(x) = x^2; f_{xx}(0) = 2,$

3) $B_0 0^2 + B_1\left(\left(-\frac{h}{2}\right)^2 + \left(\frac{h}{2}\right)^2\right) + B_2\left(\left(-h\right)^2 + \left(h\right)^2\right) = 0;$

$\frac{2B_1}{4} + 2B_2 = 2;$

$f(x) = x^3 \quad f''_{xx} = x\big|_{x=0} =$

4) $B_0 0^3 + B_1\left(\left(-\frac{h}{2}\right)^3 + \left(\frac{h}{2}\right)^3\right) +$

$+ B_2\left(\left(-h\right)^3 + \left(h\right)^3\right) = 0; \quad 0 \equiv 0;$

$f(x) = x^4; f_{xx}(0) = 12x^2\big|_{x=0} = 0;$

5) $\left(B_0 0^4 + B_1\left(\left(-\frac{h}{2}\right)^4 + \left(\frac{h}{2}\right)^4\right) + B_2\left(\left(-h\right)^4 + h^4\right)\right) = 0;$

$\frac{2B_1}{16} + 2B_2 = 0;$

6) $f(x) = x^5; \quad f_{xx}(0) = 20x^3\big|_{x=0} = 0; \quad 0 \equiv 0.$

We obtain SLAE (a system of linear algebraic equations) and its solution:

$B_0 + 2b_1 + 2b_2 = 0$; $B_1 + 4B_2 = 4$; $B_1 + 16B_2 = 0$; $B_0 = -10$; $B_1 = 16/3$; $B_2 = -1/3$.

Let us substitute the results of the calculations in (24) and obtain the rule by which the second-order finite-difference operator A acts on a function of the variable x:

$$f_{xx}(0) \approx A \circ f\big|_{x=0} = = \frac{1}{h^2}\left(\begin{array}{l} -10 f_0 + \frac{16}{3}\left(f_{-1/2} + f_{1/2}\right) - \\ -\frac{1}{3}\left(f_{-1} + f_1\right) \end{array}\right) + O\left(h^4\right). \quad (25)$$

In formulating the formula (25), considering symmetry, six conditions were used regarding coefficients, exact for power polynomials of one variable: 1, x, x^2, x^3, x^4, x^5. The left and right parts of the formula (23), the second derivative and quadrature formula (linear with respect to the nodal values of f_i) and fixed weight coefficients B_i are linear functionals. Then their difference, equal to the residual of approximation of the formula (23), is also a linear functional. Therefore, if the residual of formula (23) is zero for the indicated power coordinate functions 1, x, x^2, x^3, x^4, then due to linearity of the residual, the formula (23) is exact for all algebraic polynomials of degree not higher than 5. That is, it is proved that the error order of the numerator of the right side of (23) is 6, that is, $O(h^6)$. Therefore, the error



of the second derivative in (23) is $O(h^4) = O(h^6)/h^2$.

By symmetry, we construct a second finite difference operator of second order S, which by the same rule acts on a function of the variable y by virtue of symmetry (21).

For the function of two variables f(x, y) for the Laplace operator, in view of (21), (23), we obtain:

$$\begin{aligned}&\Delta f \approx A \circ f(x_m, y_n) + S \circ f(x_m, y_n) = \\ &= \frac{1}{h_1^2}\left(-10 f_{0,0} + \frac{16}{3}\left(f_{-1/2,0} + f_{1/2,0}\right) - \frac{1}{3}\left(f_{-1,0} + f_{1,0}\right)\right) + \\ &+ \frac{1}{h_2^2}\left(\begin{array}{l}-10 f_{0,0} + \frac{16}{3}\left(f_{0,-1/2} + f_{0,1/2}\right) - \\ = \frac{1}{3}\left(f_{0,-1} + f_{0,1}\right)\end{array}\right) + O\left(h_1^4 + h_2^4\right).\end{aligned} \quad (26)$$

For equal steps $h_1 = h_2 = h$, the formula (24) transforms into the formula:

$$\Delta f \approx \frac{1}{h^2}\left(\begin{array}{l}-\frac{1}{3}\left(f_{1,0} + f_{-1,0} + f_{0,1} + f_{0,-1}\right) + \\ + \frac{16}{3}\left(f_{\frac{1}{2},0} + f_{-\frac{1}{2},0} + f_{0,\frac{1}{2}} + f_{0,-\frac{1}{2}}\right) - \\ -20 f_{0,0}\end{array}\right) + O\left(h^4\right), \quad (27)$$

that is (22).

The proof of Lemma 2 is complete.

Lemma 3. The sum of the fourth partial derivatives in (17) with the accuracy $O(h^4)$ in the form of a quadrature formula in the case $h_1 = h_2 = h$ can be represented as:

$$\begin{aligned}&\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial y^4} \approx A \circ (\mathrm{A} \circ f_{0,0}) + S \circ (\mathrm{S} \circ f_{0,0}) = \\ &= \frac{1}{h^4}\left(1512 f_{0,0} - \frac{1053}{2} Q_1 + 162\, Q_2 - \frac{27}{2} K_1\right),\end{aligned} \quad (28)$$

where Q_1, Q_2, K_1 are defined in (13)–(15).

The proof is carried out according to a scheme similar to the proof of Lemma 2.

Next we follow *Remark 6*. We consider the fourth partial derivative $f_{xxxx}^{(IV)}(x)$ as a linear operator of the function f(x) of the variable x. We approximate using the pattern seven equidistant nodes at the segment [-h, h], symmetrically located relative to the grid origin (Pic. 2b):

$$f_{xxxx}^{(IV)}(0) = \frac{1}{h^4}\left(\begin{array}{l}I_0 f_0 + I_1\left(f_{-1/3} + f_{1/3}\right) + \\ + I_2\left(f_{-2/3} + f_{2/3}\right) + I_3\left(f_{-1} + f_1\right)\end{array}\right). \quad (29)$$

Using the method of indeterminate coefficients, we find the weight coefficients I_0, I_1, I_2, I_3 in the formula (27), similarly to the reasoning given in *Lemma 2*, so that it has the maximum algebraic order of error [8, p. 40] (see *Remark 7*). Nontrivial equations will be obtained only in the following orders of even degree x:

1) $f(x) \equiv 1;\ f_{xxxx}^{(4)}(0) = 0;\ I_0 + 2I_0 + 2I_0 + 2I_0 = 0;$

$f(x) = x^2;\quad f_{xxxx}^{(IV)}(0) = 0;$

3) $\left(\begin{array}{l}I_0 0^2 + I_1\left(\left(-\frac{h}{3}\right)^2 + \left(\frac{h}{3}\right)^2\right) + \\ + I_2\left(\left(-\frac{2h}{3}\right)^2 + \left(\frac{2h}{3}\right)^2\right) + \\ + I_3\left((-h)^2 + h^2\right)\end{array}\right) =$

$= 0; \mathrm{I}_1 + 4I_2 + 9I_3 = 0;$

$f(x) = x^4;\quad f_{xxxx}^{(IV)}(0) = 24;$

5) $\left(\begin{array}{l}I_0 0^4 + I_1\left(\left(-\frac{h}{3}\right)^4 + \left(\frac{h}{3}\right)^4\right) + \\ + I_2\left(\left(-\frac{2h}{3}\right)^4 + \left(\frac{2h}{3}\right)^4\right) + \\ + I_3\left((-h)^4 + h^4\right)\end{array}\right) =$

$= 0; \mathrm{I}_1 + 16I_2 + 81I_3 = 972;$

$f(x) = x^6;\quad f_{xxxx}^{(IV)}(0) = 360x^2\big|_{x=0} = 0;$

7) $\left(\begin{array}{l}I_0 0^6 + I_1\left(\left(-\frac{h}{3}\right)^6 + \left(\frac{h}{3}\right)^6\right) + \\ + I_2\left(\left(-\frac{2h}{3}\right)^6 + \left(\frac{2h}{3}\right)^6\right) + \\ + I_3\left((-h)^6 + h^6\right)\end{array}\right) =$

$= 0; \mathrm{I}_1 + 64I_2 + 729I_3 = 0.$

We obtain SLAE and its solution:

$$\left\{\begin{array}{l}I_0 + 2I_1 + 2I_2 + 2I_3 = 0; \mathrm{I}_1 + 4I_2 + 9I_3 = 0; \\ \mathrm{I}_1 + 16I_2 + 81I_3 = 972; \mathrm{I}_1 + 64I_2 + 729I_3 = 0\end{array}\right\}.$$

$$\left\{\mathrm{I}_0 = 756, \mathrm{I}_1 = -\frac{1053}{2}, \mathrm{I}_2 = 162, I_3 = -\frac{27}{2}\right\}.$$

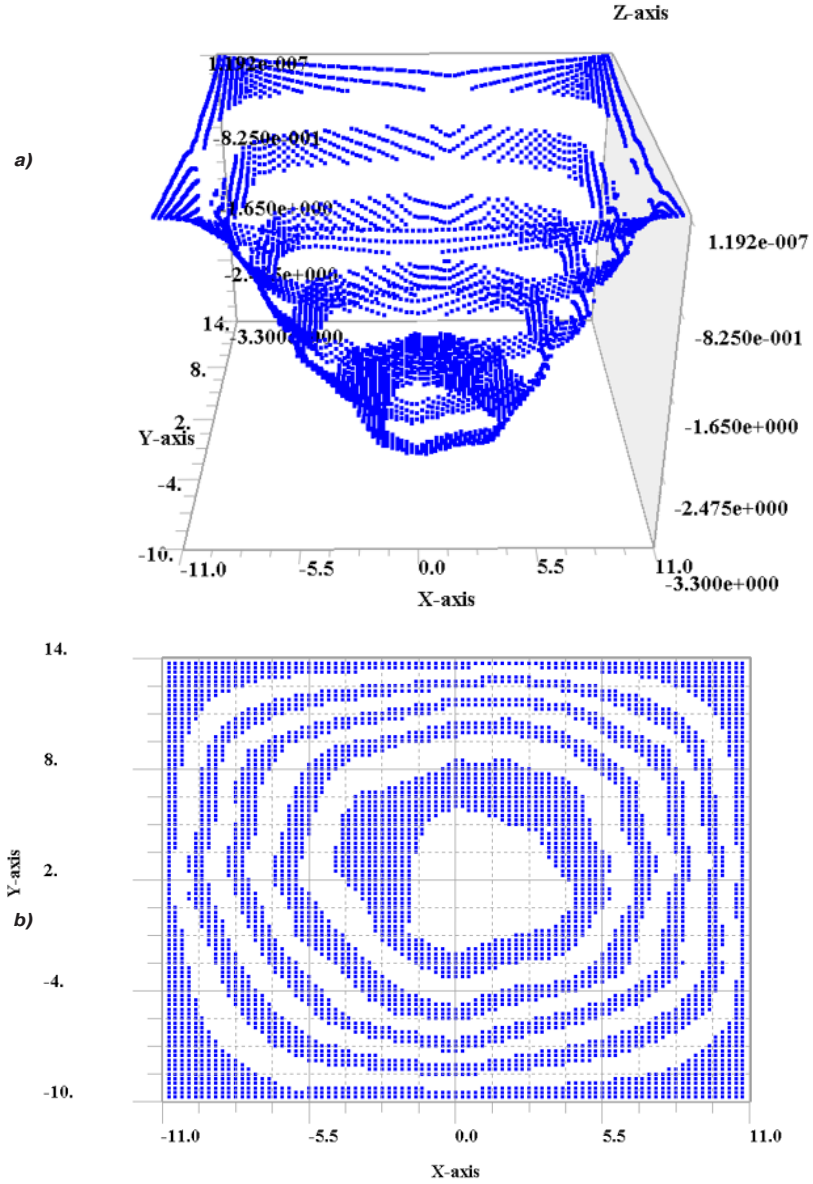
Then from this for (27) we obtain a quadrature formula with the found coefficients:

$$f_{xxxx}^{(IV)}(0) = \frac{1}{h^4}\left(\begin{array}{l}756 f_0 - \frac{1053}{2}\left(f_{-1/3} + f_{1/3}\right) + \\ + 162\left(f_{-2/3} + f_{2/3}\right) - \frac{27}{2}\left(f_{-1} + f_1\right)\end{array}\right) + \quad (30)$$

$$+ O\left(h^4\right).$$

After arguments, similar to those, given in *Lemma 2* following the formula (23), it follows that the error order of the numerator of the right-hand side of (28) is proved and it is equal to eight, i.e. $O(h^8)$. Therefore, $O(h^4) = O(h^8)/h^4$.

For the function of two variables f(x, y), by analogy with the arguments given in *Lemma 2*, we obtain:



Pic. 4 a, b. Numerical solution of the Dirichlet problem for the Poisson equation: a) numerical solution of the problem (4) using the formula (13) and the right part in the form of a QR code using the formula (5) (second program), b) fields of level lines constructed according to Pic. 4a.

$$\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^4}+\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial y^4}=A\circ(\mathrm{A}\circ f_{0,0})+S\circ(\mathrm{S}\circ f_{0,0})=$$
$$=\frac{1}{h_1^4}\left(756f_{0,0}-\frac{1053}{2}\left(f_{-1/3,0}+f_{1/3,0}\right)+\right.$$
$$\left.+162\left(f_{-2/3,0}+f_{2/3,0}\right)-\frac{27}{2}\left(f_{-1,0}+f_{1,0}\right)\right)+$$
$$+\frac{1}{h_2^4}\left(\begin{array}{l}756f_{0,0}-\frac{1053}{2}\left(f_{0,-1/3}+f_{0,1/3}\right)+\\+162\left(f_{0,-2/3}+f_{2/3,0}\right)-\frac{27}{2}\left(f_{0,-1}+f_{0,1}\right)\end{array}\right)+ \qquad (31)$$
$$+O\left(h_1^4+h_2^4\right).$$

For equal steps $h_1 = h_2 = h$ the right side of the formula (29) takes the form:

$$\frac{1}{h^4}\left(1512f_{0,0}-\left(\frac{1053}{2}\right)\left(f_{\frac{1}{3},0}+f_{-\frac{1}{3},0}+f_{0,\frac{1}{3}}+f_{0,-\frac{1}{3}}\right)+\right.$$
$$+\left.\begin{array}{l}162\left(f_{\frac{2}{3},0}+f_{-\frac{2}{3},0}+f_{0,\frac{2}{3}}+f_{0,-\frac{2}{3}}\right)-\\-\left(\frac{27}{2}\right)\left(f_{1,0}+f_{-1,0}+f_{0,1}+f_{0,-1}\right)\end{array}\right).$$

The formula (28) is proved.

The proof of Lemma 3 is completed.

Lemma 4. The fourth mixed derivative $\left.\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^2\partial y^2}\right|_{\substack{x=x_m\\y=y_n}}$ with the accuracy $O(h^4)$ in the case $h_1 = h_2 = h$ is represented in the form:

Table 1

x	y	numerical	exact
0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000	0.000000000000000E+000
1.25663706143592	0.000000000000000E+000	0.951056516295154	0.951056516295154
2.51327412287183	0.000000000000000E+000	0.587785252292473	0.587785252292473
0.000000000000000E+000	1.25663706143592	0.951056516295154	0.951056516295154
1.25663706143592	1.25663706143592	0.242612919304468	0.242612919291777
2.51327412287183	1.25663706143592	0.464240247098885	0.464240247090147
0.000000000000000E+000	2.51327412287183	0.587785252292473	0.587785252292473
1.25663706143592	2.51327412287183	0.415266199954766	0.415266199945460
2.51327412287183	2.51327412287183	0.450894988539345	0.450894988533041

$$\left.\frac{\partial^4 f(x,y)}{\partial x^2 \partial y^2}\right|_{\substack{x=x_m \\ y=y_n}} = \\ = \frac{1}{h^4}\left(\begin{array}{l} -100 f_{0,0} - \frac{160}{3} K_2 + (\frac{16}{3})^2 Z_1 + \\ + \frac{10}{3} K_1 - \frac{16}{9} Z_2 + \frac{1}{9} Z_3 \end{array}\right) + O(h^4), \quad (32)$$

where K_1, K_2, Z_1, Z_2, Z_3 are defined in (15).

We carry out the proof constructively on the basis of the formula (23). According to the second variable of the function f(x, y), for each term of the formula (23), we apply a second-order finite difference operator defined in the proof of *Lemma 2.* To explain this, we use the fourth grid pattern (see Pic. 2b). We also use the symmetry of applying the differentiation operator in (21). In this case, the first argument with respect to the variable x cannot change, the second indices of the node values change according to the formula (23). Since the error in the variable x is of order $O(h^4)$, then the initial number of terms q will increase by no more than q^2 times, that is, the number of terms q^2 will be finite and will have an error of the form $O(h^4)$ with the classical properties of the «O large». We build the formula for the case $h_1 = h_2 = h$ (33).

That is, we get (30).

The proof of Lemma 4 is complete.

Next, we substitute all proved formulas (19), (22), (30) into the blank (18) and we obtain (13). That is, ***Theorem 1*** is proved.

4. Testing the formula (13)

Using a simple iteration formula (13) and a test example (8) with a solution written through elementary functions (9), we compose a program using modern high-level language Fortran [10] that supports maximum solution arrays. Let us calculate the residuals between the difference numerical solution of the problem (8) and the projection of the exact solution (9) onto the grid nodes of the base grid (6) according to the Chebyshev norm. For example, the program with a «coarse» given number of iterations and parameters of values specifying the number of points in the area $m = 2000$, $n_1 = n_2 = 10$, calculates the Chebyshev norm (module of the maximum difference between the numerical and exact value at the grid node) for the residual $2.113^{(e-7)}$. And for a given number of iterations and parameters of values that specify the number of points in the area $m = 2000$, $n_1 = n_2 = 20$, the

$$f^{(IV)}_{xxyy}(x,y)_{\substack{x=x_m \\ y=y_n}} = \frac{1}{h^2}\left(-10(S\circ(f_{0,0})) + \frac{16}{3}\left(S\circ\left(f_{-1/2,0}\right) + S\circ\left(f_{1/2,0}\right)\right) - \frac{1}{3}\left(S\circ\left(f_{-1,0}\right) + S\circ\left(f_{1,0}\right)\right)\right) = \\ = \frac{1}{h^4}\left(-10\left(-10f_{0,0} + \frac{16}{3}\left(f_{0,-1/2} + f_{0,1/2}\right) - \frac{1}{3}\left(f_{0,-1} + f_{0,1}\right)\right) + \frac{16}{3}\left(-10f_{-1/2,0} + \frac{16}{3}\left(f_{-1/2,-1/2} + f_{-1/2,1/2}\right) - \frac{1}{3}\left(f_{-1/2,-1} + f_{-1/2,1}\right)\right) + \right. \\ + \frac{16}{3}\left(-10f_{1/2,0} + \frac{16}{3}\left(f_{1/2,-1/2} + f_{1/2,1/2}\right) - \frac{1}{3}\left(f_{1/2,-1} + f_{1/2,1}\right)\right) - \frac{1}{3}\left(-10f_{-1,0} + \frac{16}{3}\left(f_{-1,-1/2} + f_{-1,1/2}\right) - \frac{1}{3}\left(f_{-1,-1} + f_{-1,1}\right)\right) - \quad (33) \\ \left. - \frac{1}{3}\left(-10f_{1,0} + \frac{16}{3}\left(f_{1,-1/2} + f_{1,1/2}\right) - \frac{1}{3}\left(f_{1,-1} + f_{1,1}\right)\right)\right) = \frac{1}{h^4}\left(100f_{0,0} - \frac{160}{3}\left(f_{0,-1/2} + f_{0,1/2} + f_{-1/2,0} + f_{1/2,0}\right) + \right. \\ + \frac{10}{3}\left(f_{0,-1} + f_{0,1} + f_{-1,0} + f_{1,0}\right) + \left(\frac{16}{3}\right)^2\left(f_{-1/2,-1/2} + f_{-1/2,1/2} + f_{1/2,-1/2} + f_{1/2,1/2}\right) - \left(\frac{16}{9}\right)\left(f_{-1/2,-1} + f_{-1/2,1} + f_{1/2,-1} + f_{1/2,1} + \right. \\ \left. \left. + f_{-1,-1/2} + f_{-1,1/2} + f_{1,-1/2} + f_{1,1/2}\right) + \left(\frac{1}{9}\right)\left(f_{-1,-1} + f_{-1,1} + f_{1,-1} + f_{1,1}\right)\right) + O\left(h^4\right).$$

program returns the Chebyshev norm for the residual $3.306e^{(-9)}$, that is, the order of the error of the obtained algorithm is approximately $2.113e^{(-7)}/3.306e^{(-9)} = 61.91 = 2^6$. That is, the order of the error is 6 $O(h^6)$! (In parallel, several independent programs are created (see *Remark 1*). Thus, the testing of the algorithm (10)–(31) according to the analytical example (8), (9) was carried out by a separate (first) program not related to the QR code. But the tested core of the first program was used in the second program for the QR code and using the formula (5)).

Let us give in more detail an example of operation of the first program for test example (8) using the formula (13) with a solution written through elementary functions (9) with m = 10000 (the number of iterations), and $n_1 = n_2 = 50$ (the number of intervals of a uniform grid along the axes x, y):

h_1 = 6.283185307179587E-002,

h_2 = 6.283185307179587E-002.

A brief excerpt from the table of numerical solutions and comparisons with the exact solution is shown in Table 1 at p. 38.

The maximum value of the Chebyshev norm is Norma C = 1,356223466864038E-11. From Table 1 it is clear that the difference in solutions occurs only from 11th decimals.

In this calculation, the constants take the following values: $m = 10^4$, $n_1 = 88$, $n_2 = 96$, $m_1 = 22$, $m_2 = 24$, $x_{min} = -11$, $x_{max} = 11$, $y_{min} = -10$, $y_{max} = 14$.

Then, the well-known «watermark» technology described in the literature quoted in [3] is used, and a suitable, agreed with «A», container is selected. A container with information is transmitted to «A», which has a «RO» recovery program prepared in advance. It is possible to transmit several different projections of the solution in order to restore the original with a lower probability of error.

Some analogy regarding the applied method can be traced in [11].

Conclusions. A new specific version of application of various mathematical methods to build a system of mathematical substantiation of the possibility of transferring QR codes with the help of steganography tools with a high degree of reliability is proposed. The possibility of building software in the form of specialized applications for the use in the transport industry, for example, to transmit information on movement of cargo shipments, is shown. The reliability of results is confirmed by the rigorous mathematical constructions, tested with the account for the results of previously published works, as well as of their longtime application in various fields, such as various types of calculations in medicine, plasma physics, in theory and practice of pattern recognition and methods of the inverse scattering problem, electrostatics and magnetostatics, hydrodynamics, etc. The advantage of the method is its ability to apply currently available developments and programs in the specified application areas.

REFERENCES

1. Volosova, N. K. The use of the Radon transform in steganography [*Primenenie preobrazovaniya Radona v steganografii*]. *LXXI International Conference «Herzen Readings»*. Herzen State Pedagogical University of Russia, St. Petersburg, 2018, pp. 234–238.

2. Volosova, N. K. Radon transform and the Poisson equations in computer steganography [*Preobrazovanie Radona i uravnenie Puassona v kompyuternoi steganografii*]. *International Conference on Differential Equations and Dynamical Systems*, Suzdal, 2018, p. 61.

3. Volosova, N. K., Vakulenko, S. P., Pastukhov, D. F. Methods of QR code transmission in computer steganography. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, Iss. 5, 2018, pp. 14–25.

4. Pastukhov, D. F., Pastukhov, Yu. F. Approximation of the Poisson equation on a rectangle of increased accuracy [*Approksimatsiya uravneniya Puassona na pryamougolnike povyshennoi tochnosti*]. *Vestnik of Polotsk State University, Series C: Fundamental Sciences, Mathematics*, 2017, Iss. 12, pp. 62–77.

5. Volosova, N. K., Pastukhov, D. F., Volosov, K. A. Methods for expanding the field of application of mathematical physics methods [*Metody rasshireniya oblasti primeneniya metodov matematicheskoi fiziki*]. *International Conference «Quasilinear Equations and Inverse Problems». QIPA Conference handbook and proceedings,* Moscow, MIPT publ., 2018, p. 20.

6. Bakhvalov, N. S., Lapin, A. V., Chizhonkov, E. V. Numerical methods in tasks and exercises [*Chislennie metody v zadachakh i uprazhneniyakh*]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2000, 190 p.

7. Samarsky, A. A., Gulin, A. V. Numerical methods of mathematical physics [*Chislennie metody matematicheskoi fiziki*]. Moscow, Nauchniy mir publ., 2003, 317 p.

8. Kolmogorov, A. N., Fomin, S. V. Elements of the theory of functions and functional analysis [*Elementy teorii funktsii i funktsionalnogo analiza*]. Moscow, Physmatlit publ., 2004, 572 p.

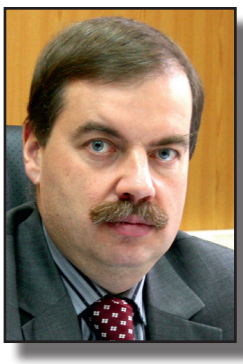
9. Volkov, K. N., Deryugin, Yu. N., Emelyanov, V. N., Karpenko, A. G., Kozelkov, F. S., Teterina, I. V. Methods of acceleration of gas dynamics calculations on unstructured grids [*Metody uskoreniya gazodinamicheskikh raschetov na nestrukturirovannykh setkakh*]. Moscow, Physmatlit publ., 2013, 536 p.

10. Bartenev, O. V. Modern Fortran [*Sovremenniy Fortran*]. 3rd ed., rev. and enl. Moscow, Dialog-MEPI, 2000, 449 p.

11. Pikalov, V. V., Kazantsev, D. I. Iterative reconstruction of a sinogram perturbation in the Radon space for problems of steganography [*Iteratsionnoe vosstanovlenie vozmushcheniya sinogrammy v prostranstve Radona dlya zadach steganografii*]. *Vychislitelnie metody i programmirovanie*, 2008, Iss. 1, pp. 1–9.

УДК 656.2
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-40-54

Свобода передвижения и особенности транспортных систем



Мачерет Дмитрий Александрович *– Российский университет транспорта, Москва, Россия*.*

Дмитрий МАЧЕРЕТ

Транспортные системы рассматриваются с точки зрения обеспечения свободы передвижения. Изучены различные характеристики транспортных систем, значимые для обеспечения свободы передвижения, и влияющие на них факторы. Выделены основные и сопутствующие характеристики. Раскрыто сходство и различие свободы передвижения и транспортной мобильности.

Показано, что существующие виды транспорта существенно различаются с учётом возможности обеспечить свободу передвижения, и эти различия оказывают существенное влияние на выбор индивидов в пользу того или иного вида транспорта. Сделан вывод о необходимости приоритетного учёта потребности в свободе передвижения при развитии транспортных систем. Предложено использовать для этого складывающуюся в современных условиях тенденцию гибридизации транспортных средств. В качестве перспективы развития этой тенденции видится создание мультитранспорта, наилучшим образом сочетающего различные характеристики транспортных средств и систем с точки зрения свободы передвижения.

Ключевые слова: *виды транспорта, свобода передвижения, транспортная мобильность, характеристики транспортных систем, гибридизация транспортных средств, мультитранспорт, терраэффективность.*

---

*Информация об авторе:
Мачерет Дмитрий Александрович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономики транспортной инфраструктуры и управления строительным бизнесом Российского университета транспорта, Москва, Россия, macheretda@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 28.01.2019, принята к публикации 22.05.2019.

For the English text of the article please see p. 48.

При сопоставлении различных видов транспорта традиционно принято обращать внимание на такие характеристики, как пропускная и провозная способность, регулярность, скорость и себестоимость перевозок, удельные капиталовложения, производительность труда, энергоёмкость, уровень безопасности и воздействия на окружающую среду [1].

В настоящее время лидерство тех или иных видов транспорта на рынке перевозок оценивается, исходя из степени соответствия их существующих или перспективных характеристик таким глобальным трендам развития транспортной системы, как ускорение и удешевление перевозок, безопасность, экологичность и энергоэффективность, гибкость обслуживания, использование малообслуживаемых и безлюдных технологий, мультимодальность [2, с. 2–3].

При безусловной значимости всех перечисленных характеристик представляется необходимым сфокусировать внимание ещё на одной, важнейшей, характеристике – обеспечении свободы передвижения. Обычно она не подвергается специальному рассмотрению, возможно, в силу того, что обеспечение свободы передвижения – имманентная задача транспорта. Ведь само «назначение транспорта состоит в перемещении тел» [3, с. 69], а понятия перемещения, движения и свободы тесно связаны, что нашло отражение уже в философии Пифагора [4, с. 51].

СУЩНОСТЬ СВОБОДЫ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ЕЁ ТРАНСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В Российской Федерации право на свободу передвижения зафиксировано в статье 27 Конституции. С юридической точки зрения, под свободой передвижения понимается возможность беспрепятственно передвигаться, выбирать место пребывания и жительства в любой части территории государства, а также покидать территорию государства и возвращаться на неё при соблюдении ряда требований закона [5].

Для реализации права на свободу передвижения, социальное и экономическое значение которой очень велико, необходимо адекватное развитие транспортной инфраструктуры [6] и средств передвижения.

Вся эволюция человеческого общества связана с пространственными перемещениями людей, а пространственная доступность – одно из ключевых условий социально-экономического развития [7, с. 45–46]. Ведь для того, «чтобы совершать... обмен деятельностью с другими людьми в материальном мире, нужны два очень важных общих условия: ...пространство, доступное человеку, ...и ...перемещение», в результате которого достигается территориальная независимость человека от пространства [3, с. 102, 106]. Очевидно, что речь при этом идёт о перемещении не только людей, но и материальных благ. Неслучайно один из основоположников австрийской экономической школы Ойген фон Бём-Баверк, указывал: «Способность перемещать материю в пространстве – это ключ ко всем успехам человека в производстве, ко всему человеческому господству над природой и её силами» [8, с. 40].

С учётом всего сказанного следует поставить вопрос: что же надо понимать под свободой передвижения как характеристикой транспортной системы?

На наш взгляд, с точки зрения транспортного обеспечения, свобода передвижения может быть определена как возможность человека переместиться или переместить материальные блага из одной точки пространства в другую в приемлемое (с точки зрения как начала, так и общей продолжительности перемещения) время, с приемлемым уровнем стоимости, безопасности, комфорта для пассажира или сохранности материальных благ. Из этого определения следует, что свобода передвижения определяется рядом характеристик транспортной системы.

Первая из них – возможность выбора направления (маршрута) перемещения, которая определяется, прежде всего, развитием транспортной инфраструктуры. Если брать пример Российской Федерации, то важно, что связь между

развитием транспортной инфраструктуры и реализацией свободы передвижения отмечена в Комплексном плане модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года, утверждённом Правительством Российской Федерации. Там, в частности, сказано, что «рост такого социального блага, как свобода передвижения, отвечает законным интересам населения и будет способствовать повышению качества жизни» [9, с. 31].

Вторая важнейшая характеристика – предложение транспортных услуг, превышающее спрос, которое зависит от состояния как инфраструктуры, так и подвижного состава и может существовать только в условиях развитой рыночной экономики – экономики профицита [10, 11].

Третья – регулярность и частота движения транспортных средств, позволяющие начать перемещение в желаемое (приемлемое) время.

Четвёртая – скорость перемещения, обеспечивающая его приемлемую продолжительность. Особая важность скорости перемещения для пассажиров обусловлена тем, что время – самый ценный ресурс в современной экономике. В свою очередь, ускорение доставки материальных благ позволяет снизить величину воплощённого в них капитала, «замораживаемого» в процессе перевозки [12, с. 3], и, тем самым, повысить эффективность функционирования экономики. Повышение скоростной эффективности перемещения как людей, так и материальных благ должно достигаться, прежде всего, на основе минимизации простоев транспортных средств в процессе передвижения по маршруту [13].

Стоимость перемещения грузов и пассажиров определяется множеством факторов [14]. Среди них – общий уровень технического развития транспортных систем и характеристики конкретных технических средств – подвижного состава и элементов инфраструктуры; технология перевозок, определяющая качество и эффективность использования инфраструктуры и подвижного состава, трудовых и топливо-энергетических ресурсов [15, с. 8–9]; объёмы и дальность перемещения товаров и людей. Существенно влияют на стоимость перемещения факторы внешней среды, включая экономическую конъюнктуру транспортного рынка [16, 17].

Что касается обеспечения безопасности перемещения, то «на современном транспорте уже нет фатальной неизбежности аварии, катастрофы. Достижения в науке и технике, ...обеспечившие совершенствование ...средств транспорта, всей многообразной системы обеспечения безопасности движения, создали широкую базу для вождения транспортных средств с высокой степенью надёжности. Но возможность возникновения опасных ситуаций (в том числе аварийных и катастрофических) на транспорте не исключается, ещё значителен удельный вес на многих видах транспорта человеческого (личностного) фактора» [3, с. 118] как источника возникновения подобных ситуаций. Неслучайно главными векторами повышения безопасности движения транспортных средств являются формирование культуры безопасности у людей, причастных к перевозочному процессу, и минимизация влияния человеческого фактора на основе развития автоматизированных средств мониторинга и контроля состояния транспортной инфраструктуры и подвижного состава, управляющих ими людей, а также систем, частично или полностью заменяющих человека при реализации перевозочного процесса.

Сохранность материальных благ является непременным условием свободы их перемещения и определяется сочетанием характеристик технических средств транспорта, технологий перевозок, а также мер по предотвращению хищений материальных благ в процессе перевозки. Сохранность материальных благ обеспечена, если они доставлены к месту назначения в полном объёме и без утраты своих свойств.

Сложнее с перемещением людей, которым недостаточно просто добраться до места назначения живыми и здоровыми.

Таблица 1

Динамика объёма перевозок пассажиров и пассажирооборота в Российской Федерации по видам транспорта, 2017 год к 2010 году (%)

Вид транспорта	Индекс роста объёма перевозок пассажиров	Индекс роста пассажирооборота
Железнодорожный	118,4	88,6
Автобусный	83,3	87,8
Легковое такси	144,7	166,7
Трамвайный	63,8	64,2
Троллейбусный	62,4	73,2
Метрополитен	100,1	104,0
Водный	141,1	79,1
Воздушный	183,1	176,3
Всего	83,8	115,8

Источник: Расчёты автора по данным Росстата [21, с. 36].

«Поскольку для человека состояние при перемещении бывает резко отличным от такового при сохранении [своего пространственного – *прим. автора*] положения» [3, с. 119], вызываемый перемещением дискомфорт существенно ограничивает саму свободу передвижения. Ведь нельзя считать, что человек свободен, если он вынужден испытывать сильный дискомфорт.

Факторы, вызывающие дискомфорт (и способные иногда причинить вред здоровью) при перевозке, весьма многообразны. Традиционно к ним относят, прежде всего, возникающие при движении транспортных средств ускорение, вибрацию, шум, неприятные или вредные выбросы [3, с. 121]. Кроме того, дискомфорт вызывает ограничение в удовлетворении привычных потребностей, спектр которых расширяется. Теперь это уже не только потребности в питании, утолении жажды, санитарно-гигиенические требования, комфортный температурный режим, но и, например, свободное использование электронных устройств и интернета.

Обеспечение комфортности поездки, то есть нивелирование или минимизация воздействия факторов, вызывающих дискомфорт, должно изначально учитываться уже при проектировании и строительстве (производстве) транспортной инфраструктуры и подвижного состава и, конечно, при непосредственном осуществлении перевозки.

Из всех характеристик, определяющих свободу передвижения, параметры комфортности, наверное, являются наиболее субъективными: для одного человека комфортная температура составляет +19°С, для другого +23°С; кто-то практически не испытывает неприятных ощущений при взлёте или посадке самолёта, а кто-то переносит их очень тяжело. Из этого следует необходимость индивидуализации условий перевозки, а значит – использования широкого спектра транспортных средств и технологий.

Каждая из перечисленных характеристик одними видами транспорта обеспечивается более успешно, другими – менее. Однако эти характеристики не являются равнозначными. По нашему мнению, исходя из предложенного выше определения свободы передвижения, в качестве основных целевых её характеристик следует рассматривать свободу выбора маршрута и время (скорость) перемещения. Именно возможность перемещения из одной точки пространства в другую по собственному выбору за непродолжительное время и означает свободу передвижения как таковую. Остальные же характеристики являются сопутствующими или ограничивающими (как, например, стоимость).

РАЗЛИЧИЯ В ДИНАМИКЕ ПЕРЕВОЗОК ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА С УЧЁТОМ ХАРАКТЕРИСТИК, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СВОБОДУ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

С точки зрения основных характеристик свободы передвижения существен-

Таблица 2

Динамика наличия пассажирских транспортных средств в Российской Федерации, 2017 год к 2010 году (%)

Вид транспортных средств	Индекс роста
Рабочий парк железнодорожных пассажирских вагонов	103,6
Автобусы общего пользования	107,6
Легковые автомобили, всего	136,3
в частности, в собственности граждан	137,4
Трамвайные вагоны	87,5
Троллейбусы	84,7
Вагоны метрополитена	123,8
Морские пассажирские и грузопассажирские транспортные суда	96,4
Речные пассажирские и грузопассажирские транспортные суда	81,0
Гражданские воздушные суда (всех видов)	116,7

Источник: Расчёты автора по данным Росстата [21, с. 32].

Таблица 3

Динамика объёма перевозок грузов и грузооборота в Российской Федерации по видам транспорта, 2017 год к 2010 году (%)

Вид транспорта	Индекс роста объёма перевозок грузов	Индекс роста грузооборота
Железнодорожный	105,5	124,0
Автомобильный	103,2	128,1
Трубопроводный	107,3	109,8
Водный	103,6	73,4
Воздушный	118,2	168,1
Всего	104,1	115,4

Источник: Расчёты автора по данным Росстата [21, с. 33].

ные преимущества имеют автомобильный транспорт и авиация. И, несмотря на высокую стоимость и значительный уровень опасности, многие индивиды делают выбор в пользу этих видов транспорта. Так, в странах Евросоюза, личный автотранспорт доминирует во внутренних пассажирских перевозках. Например, в Германии его доля во внутреннем пассажирообороте устойчиво превышает 80 % [18, с. 11].

В России в последние годы лидерами по динамике и объёмам перевозок пассажиров и пассажирооборота являются воздушный транспорт и легковое такси (табл. 1). Данные по объёму перевозок и пассажирообороту личного автотранспорта Росстат не приводит, но косвенной характеристикой динамики этих показателей является рост числа легковых автомобилей, находящихся в собственности граждан – максимальный среди всех видов транспортных средств (табл. 2). С учётом этого становятся понятными снижение пассажирских перевозок автобусами, трамваями и троллейбусами, их невысокая динамика на метрополитене – очевидно переключение части пассажиропотоков на личный автотранспорт, несмотря на проблемы, возникающие в крупных городах и агломерациях в связи с образованием транспортных «пробок» [19, 20].

Воздушный и автомобильный транспорт лидировали и по динамике грузооборота (табл. 3). Кстати говоря, и количество грузовых автомобилей, находящихся в собственности граждан, возросло за рассматриваемый период весьма существенно – на 34,5 % [21, с. 52].

Таким образом, статистические данные подтверждают интроспективный вывод о том, что потребность в свободе передвижения (включая свободу перемещения материальных благ) является значимым фактором, влияющим на распределение объёмов перевозок между видами транспорта, и одной из причин предпо-

Таблица 4

Число транспортных происшествий и пострадавших в них в Российской Федерации, 2017 год

Вид транспорта	Число происшествий, тыс.	Погибло, тыс. человек	Ранено, тыс. человек
Железнодорожный транспорт общего пользования	0,014	0,003	0,024
Водный	0,054	0,008	0,002
Воздушный	0,039	0,050	0,029
Автомобильный	169,4	19,1	215,4

Источник: Росстат [21, с. 86].

чтений, оказываемых воздушному и автомобильному (прежде всего – личному) транспорту.

В то же время, личный автотранспорт отличается гораздо более низкой энергоэффективностью и терраэффективностью [22], чем автобусное и, особенно, поездное сообщение.

Терраэффективность транспортной системы – экономическая категория, характеризующая соотношение объёмов перевозок и их экономических результатов с площадью поверхности земли, используемой для размещения транспортной системы. Терраэффективность может определяться, например, как:

– отношение пассажирооборота к площади землеотвода, тыс. пасс-км/км^2 (для пассажирских транспортных систем);

– отношение грузооборота к площади землеотвода, тыс.т • км/км^2 (для грузовых транспортных систем);

– отношение приведённой работы к площади землеотвода, тыс. прив. т • км/км^2 (для смешанных, грузопассажирских, транспортных систем);

– отношение доходов от перевозок к площади землеотвода, тыс. руб./км^2 (для любых транспортных систем) [22].

Так, по расчётам французских специалистов, обеспечение пассажирских перевозок личным автотранспортом требует использовать в 5 раз бо́льшую территорию, чем при перевозках автобусами, и почти в 20 раз бо́льшую, чем при перевозках поездами метрополитена, а соответствующие различия в энергоэффективности достигают 2 и 2,5 раз соответственно [23, с. 40]. Представляется, что указанные различия могут быть и значительно выше.

Современное высокоскоростное железнодорожное сообщение существенно превосходит и автомобильный, и авиационный транспорт по параметрам энергоэффективности, экологичности и терраэффективности [24, с. 23].

Следует обратить внимание и на различия в уровне безопасности перевозок по видам транспорта (табл. 4).

Количество погибших на воздушном транспорте в разы выше, чем на железнодорожном и водном, а на автомобильном – на несколько порядков выше, чем на любом другом.

Тем не менее, люди активно пользуются и воздушным, и автомобильным транспортом, которые имеют существенные преимущества в обеспечении основных характеристик свободы передвижения. И это стремление к свободе передвижения должно учитываться при развитии транспортных систем в приоритетном порядке.

СВОБОДА ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И ТРАНСПОРТНАЯ МОБИЛЬНОСТЬ

Следует отметить связь свободы передвижения как характеристики транспортной системы с понятием «транспортная подвижность (мобильность) населения», но в то же время показать и их различие.

Под транспортной подвижностью (мобильностью) населения обычно понимают интенсивность пространственных перемещений людей, выражающуюся такими показателями, как число поездок или количество пассажиро-километров, в среднем приходящееся на одного жителя за определённый период времени [1, 25]. В общем случае расширение свободы передвижения способствует росту мобильности населения, связь между

ними несомненна. Но есть и существенные отличия.

Во-первых, свобода передвижения определяется *возможностью совершить перемещение,* причём с определёнными качественными характеристиками, а транспортная мобильность в указанном выше понимании характеризуется уже *совершёнными перемещениями*, причём только в количественном аспекте. Вполне реалистичны варианты, когда расширение свободы передвижения приведёт не только и даже не столько к росту количественно измеряемой транспортной мобильности, сколько к её географической диверсификации.

Во-вторых, понятие транспортной мобильности относится лишь к перемещениям людей, в то время как свобода передвижения – в предлагаемой в статье трактовке – охватывает и перемещения материальных благ.

Более близким к свободе передвижения является другая интерпретация транспортной мобильности. Она заключается в том, что «транспортная мобильность – это *процесс* [*курсив автора*] безопасного, комфортного, быстрого, доступного и экономически целесообразного перемещения человека или группы людей, с использованием одного или нескольких видов транспорта» [26, с. 32]. В данном определении присутствует широкий спектр качественных характеристик, близкий к характеристикам транспортного аспекта свободы передвижения, хотя и не идентичный им. Однако и здесь рассматривается не *возможность*, а сам *процесс* перемещения, и опять же речь идёт только о перемещении людей, но не материальных благ. В то же время, важным является указание на использование нескольких видов транспорта. Ниже будет отмечено значение мультимодальности для обеспечения свободы передвижения.

Таким образом, осмысление сущности транспортного обеспечения свободы передвижения, с одной стороны, связанного с широко используемым понятием транспортной мобильности, а с другой – имеющего принципиальные отличия, существенно обогащает категориальный аппарат теории транспорта и позволяет учитывать при развитии транспортных систем необходимость приоритетной реализации одной из ключевых человеческих потребностей.

РАЗВИТИЕ ОТКРЫТОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ И МУЛЬТИМОДАЛЬНОСТИ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ СВОБОДЫ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ

Главными направлениями гармонизации основных и сопутствующих (с точки зрения свободы передвижения) характеристик транспортных систем представляются эффективное развитие транспортных систем открытого доступа [27] и мультимодальных перевозок. Современный этап развития транспортной техники и технологий характеризуется гибридизацией транспортных средств [28, с. 53]. При этом возникают синергетические инновации, позволяющие формировать соответствующие социально-экономические эффекты за счёт сочетания преимуществ разных транспортных средств и технологий и появления новых возможностей для пассажиров и товаровладельцев [29, 30].

Среди них следует отметить транспортные средства, сочетающие свойства самолёта и автомобиля, которые должны позволить эффективно решать транспортные проблемы мегаполисов, обеспечивая ускорение поездок и устранение «пробок» на автомагистралях. Интересна концепция «поезда-самолёта», реализация которой даст возможность гармонизировать взаимодействие воздушного и железнодорожного транспорта [31].

Кардинальному ускорению перевозок, а значит – расширению свободы передвижения, будет способствовать реализация проектов сверхвысокоскоростных наземных и воздушных транспортных средств [2, 32].

Всё это позволит вывести мультимодальные перевозки на качественно новый уровень. Представляется, что на основе развития гибридизации транспортных средств возможен переход от мультимодальных транспортных систем к мульти-

транспорту, наилучшим образом сочетающему различные характеристики транспортных средств и систем с точки зрения свободы передвижения.

Создание мультитранспорта потребует принципиально новых комбинаций как уже существующих технических и технологических решений, так и тех, что ещё предстоит изобрести. Для продвижения в этом направлении принципиально важным является осознание актуальности нахождения гармоничных транспортных решений по расширению свободы передвижения, что даст существенные социальные и экономические эффекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономика железнодорожного транспорта / Под ред. Н. П. Терёшиной, Б. М. Лапидуса. – М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2011. – 676 с.
2. Лапидус Б. М. Об условиях и трендах эволюции транспорта и научных задачах по созданию вакуумно-левитационных транспортных систем // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2016. – № 4. – С. 1–17.
3. Поляков Ю. Н. Внимание! – транспорт. – М.: Транспорт, 2000. – 183 с.
4. Усанов П. В. Ретроспектива экономической мысли: от Древней Греции до современности. – СПб.: Страта, 2019. – 302 с.
5. Большой юридический словарь. [Электронный ресурс: https://jurisprudence.academic.ru/7343/свобода_передвижения. Доступ 25.11.2018.
6. Мачерет Д. А., Ледней А. Ю. Перспективы развития транспортной инфраструктуры // Транспорт Российской Федерации. – 2018. – № 5. – С. 16–22.
7. Мачерет Д. А. Социальное значение скорости транспортного сообщения // Мир транспорта. – 2017. – № 3. – С. 40–52.
8. Бём-Баверк О. фон. Капитал и процент. Т. 2: Позитивная теория капитала / Пер. с англ. – Челябинск: Социум, 2010. – 916 с.
9. Об утверждении Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры на период до 2024 года / Распоряжение Правительства РФ от 30 сентября 2018 года № 2101-р.
10. Лукьянова О. В., Хусаинов Ф. И. Анализ динамики вагонных парков и «проблема профицита» // Экономика железных дорог. – 2014. – № 4. – С. 72–83.
11. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Современные проблемы развития и реформирования железнодорожного транспорта // Вестник ВНИИЖТ. – 2015. – № 6. – С. 3–8.
12. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Модель и методика макроэкономической оценки товарной массы, находящейся в процессе перевозки // Вестник ВНИИЖТ. – 2011. – № 2. – С. 3–7.
13. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. О повышении скоростной эффективности железнодорожного транспорта // Экономика железных дорог. – 2012. – № 7. – С. 11–21.
14. Смехова Н. Г., Кожевников Ю. Н., Мачерет Д. А. и др. Издержки и себестоимость железнодорожных перевозок / Под ред. Н. Г. Смеховой и Ю. Н. Кожевникова. – М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2015. – 472 с.
15. Мачерет Д. А. О разработке системы комплексной оценки и повышения производительности использования производственных ресурсов по направлениям (трудовые ресурсы, инфраструктура, подвижной состав, энергоэффективность) // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2010. – № 2. – С. 3–23.
16. Рышков А. В. Экономическая конъюнктура транспорта. – М.: МИИТ, 2008–130 с.
17. Мачерет Д. А. Управление издержками и себестоимостью перевозок на железнодорожном транспорте с учётом конъюнктурных факторов // Экономика железных дорог. – 2012. – № 11. – С. 31–51.
18. Конкуренция на железнодорожном транспорте Германии: 20 лет спустя // Железные дороги мира. – 2013. – № 7. – С. 11–21.
19. Мачерет Д. А. Экономика «пробки» // Мир транспорта. – 2014. – № 3. – С. 64–75.
20. Мачерет Д. А. Временной мультипликатор на транспорте // Мир транспорта. – 2015. – № 3. – С. 102–107.
21. Транспорт в России. 2018: Стат. сб. / Росстат. – М., 2018. – 101 с.
22. Лапидус Б. М., Мачерет Д. А. Методология оценки и обеспечения эффективности инновационных транспортных систем // Экономика железных дорог. – 2016. – № 7. – С. 16–25.
23. Городская мобильность – исследование UITP // Железные дороги мира. – 2014. – № 8. – С. 37–41.
24. Научное обеспечение инновационного развития и повышения эффективности деятельности железнодорожного транспорта: коллективная монография членов и научных партнёров Объединённого учёного совета ОАО «РЖД» / Под ред. Б. М. Лапидуса. – М.: Mittel Press, 2014. – 288 с.
25. Юкиш В. Ф. Факторный анализ транспортной подвижности населения России // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. – № 4–2. – С. 121–128.
26. Коган Д. Б. Homo mobilis – человек мобильный // Автомобильный транспорт. – 2016. – № 1. – С. 32–37.
27. Мачерет Д. А. Инновационное развитие транспортных систем открытого доступа // Мир транспорта. – 2012. – № 1. – С. 78–82.
28. Измайкова А. В. Инновации, значимые для железнодорожного транспорта // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». – 2014. № 3. – С. 53–69.
29. Измайкова А. В. Волны инновационного развития железных дорог // Мир транспорта. – 2015. – № 5. – С. 26–38.
30. Мачерет Д. А., Измайкова А. В. Экономическая роль инноваций в долгосрочном развитии железнодорожного транспорта. – М.: МИИТ, 2016. – 162 с.
31. Кудрявцева А. В. Социально-экономические перспективы транспортных инноваций // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 2. – С. 34–39.
32. Мачерет Д. А. Развитие транспорта в контексте социально-экономических проблем // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 4. – С. 16–18.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-40-54

Freedom of Movement and Features of Transport Systems



Macheret, Dmitry A., *Russian University of Transport, Moscow, Russia*.*

Dmitry A. MACHERET

ABSTRACT

Transport systems are considered in terms of ensuring freedom of movement. Various features of transport systems that are important for ensuring freedom of movement and factors affecting them are studied, main and associated characteristics there-of are highlighted. The similarities and differences in understanding of freedom of movement and of transport mobility are revealed.

It is shown that the existing modes of transport differ significantly in terms of the ability to ensure freedom of movement, and these differences have a significant impact on the choice of individuals in favor of a particular mode of transport.

It is concluded that the need to prioritize the need for freedom of movement is to be considered in development of transport systems. It is proposed particularly to account for the modern emerging trend of hybridization of vehicles. As a perspective for development of this trend, creation of multitransport is foreseen, which best combines various characteristics of vehicles and systems in terms of freedom of movement.

Keywords: *modes of transport, freedom of movement, transport mobility, characteristics of transport systems, hybridization of vehicles, multitransport, terraefficiency.*

---

*Information about the author:
Macheret, Dmitry A. – D.Sc. (Economics), professor, head of the department of Economics of construction business and property management of Russian University of Transport, Moscow, Russia, macheretda@rambler.ru.

Article received 28.01.2019, accepted 22.05.2019.

For the original Russian text please see p. 40.

Background. While comparing various modes of transport, it is traditionally accepted to pay attention to such characteristics as throughput and carrying capacity, regularity, speed and cost of transportation, specific capital investments, labor productivity, power intensity, safety level and environmental impact [1].

Currently, the leadership of various modes of transport in the transportation market is estimated based on the degree of compliance of their existing or future features with such global trends in development of the transport system as acceleration and cheapening of transportation, safety, environmental friendliness and energy efficiency, service flexibility, use of low-maintenance and unmanned technologies, multimodality [2, pp. 2–3].

With the absolute importance of all the listed characteristics, it seems necessary to focus on one more, most important characteristic of ensuring freedom of movement. Usually it is not subject to special consideration, possibly due to the fact that ensuring freedom of movement is an immanent task of transport. After all, the very «purpose of transport consists in movement of bodies» [3, p. 69], and the concepts of motion, movement, and freedom are closely related, and that was reflected in the philosophy of Pythagoras [4, p. 51].

The *objective* of the author is to consider freedom of movement, transport mobility within their interrelationship with the features of transport systems.

The author uses general scientific *methods*, statistical method, comparative analysis, evaluation approach.

Results.

The essence of freedom of movement and its transport characteristics

In the Russian Federation, the right to freedom of movement is enshrined in the Article 27 of the Constitution. From a legal point of view, freedom of movement means the ability to move freely, to choose a place of stay and residence in any part of the state, as well as to leave the state and to return to it, subject to certain requirements of the law [5].

For realization of the right to freedom of movement, the social and economic importance of which is very great, it is necessary to develop adequately the transport infrastructure [6] and the means of transport.

The entire evolution of human society is associated with spatial movement of people, and the spatial accessibility is one of the key conditions for socio-economic development [7, pp. 45–46]. Indeed, in order «to make... an exchange of activities with other people in the material world, we need two very important general conditions: ...space, available to a man, ... and... *movement*», as a result of which human territorial independence from spatial environment is achieved [3, pp. 102, 106]. Obviously, it's about moving not only people, but also material goods. It is not by chance that one of the founders of the Austrian economic school, Eugen Böhm Ritter von Bawerk, stated that «*the ability to spatial transfer of matter*» is the key to all human success in production, to human domination over nature and its forces [8, p. 40].

Taking into account all the above, the question should be posed: what should be understood under freedom of movement as a characteristic of the transport system?

In our opinion, from the point of view of provision of transport services, freedom of movement can be defined as the ability of a person to move or move material goods from one point of spatial environment to another during an acceptable (from the point of view of both the beginning and the total duration of movement) time, with an acceptable level of cost, safety, passenger comfort or goods safety. From this definition it follows that freedom of movement is determined by a number of characteristics of the transport system.

The first of features is the possibility of choosing the direction (route) of movement, which in turn is determined primarily by development of transport infrastructure. If we take the example of the Russian Federation, it is important that the connection between development of transport infrastructure and implementation of freedom of movement is highlighted in the Comprehensive plan for modernisation and expansion of mainline infrastructure for the period up to 2024, approved by the Government of the Russian Federation. In particular, it is stated that «the growth of such a social good as freedom of movement meets the legitimate interests of population and will contribute to improvement of the quality of life» [9, p. 31].

The second most important characteristic is the offer of transport services, exceeding the demand, which depends on the state of infrastructure and of vehicles and rolling stock and can exist only in a developed market economy that is in a surplus economy [10, 11].

The third set of features comprises traffic regularity and frequency, allowing to start moving at the desired (acceptable) time.

The fourth one is speed of movement, ensuring its acceptable duration. The particular importance of travel speed for passengers is due to the fact that time is the most valuable resource in the modern economy. In turn, acceleration of delivery of material goods allows to reduce the amount of capital embodied in them, «frozen» in the process of transportation [12, p. 3] and, thereby, to increase the efficiency of the economy. Increasing the speed of movement of both people and material goods should be achieved, first of all, on the basis of minimizing vehicle downtime in the process of transit along the route [13].

The cost of moving goods and passengers is determined by many factors [14]. They comprise the general level of technical development of transport systems and the characteristics of specific technical means which are rolling stock and infrastructure elements; transportation technology that determines the quality and efficiency of the use of infrastructure and rolling stock, of labour and fuel and energy resources [15, pp. 8–9]; volumes and range of movement of goods and people. External factors, including the economic environment of the transport market, also significantly affect the cost of moving [16, 17].

As for ensuring the safety of movement, «*a fatal inevitability of an accident, a catastrophe is no longer characteristic of modern transport*. Achievements in science and technology, ... which ensured improvement of ... means of transport, the entire diverse system of traffic safety, created together a broad base for driving vehicles with a high degree of reliability. But the probability of dangerous situations (including accidents and catastrophes) in transport system is not completely excluded, the weight of human (personal) factor in many modes of transport is still significant» [3, p. 118] as the cause of such situations. It is not by chance that the main vectors for improving vehicle traffic safety pass through building a safety culture among people involved in the transportation process, and minimizing the influence of the human factor by developing automated means of monitoring and control of the conditions of transport infrastructure and rolling stock, and of people controlling them, as well as by developing systems that partially or completely replace the person in the course of implementation of the transportation process.

The safety of material goods is an indispensable condition for the freedom of their movement and is determined by a combination of the characteristics of technical means of transport, and transportation technology, as well as of measures to prevent theft of material goods during transportation. The safety of material goods is ensured if they are delivered to their destination point in full and without loss of their properties.

Movement of people requires more sophisticated terms, as it is not sufficient for people to get to their destination alive and healthy. «Since for a person the state experienced while traveling is very different from that while maintaining [his spatial – *author's note*] position» [3, p. 119], the discomfort caused by movement significantly limits freedom of movement itself. After all, one cannot assume that a person is free if he or she is forced to experience severe discomfort.

The factors that cause discomfort (and can sometimes cause harm to health) during transportation are very diverse. Traditionally, these include, first of all, acceleration, vibration, noise, unpleasant or harmful emissions arising from movement of vehicles [3, p. 121]. Besides, discomfort is a limitation to meet the usual needs, the range of which is expanding. Now it is not reduced to nutritional needs, thirst quenching, sanitary and hygienic requirements, comfortable temperature conditions, but comprises also, for example, free use of electronic devices and the Internet.

Ensuring travel comfort, i.e. leveling or minimizing the impact of factors causing discomfort, should be taken into account initially, from the very start of designing and building (manufacturing) transport infrastructure and rolling stock, and, of course, during transportation itself.

Of all the characteristics that determine freedom of movement, the comfort parameters are probably the most subjective ones: for a person, the comfortable temperature is of +19°C, for another one it is of +23°C; someone almost does not experience discomfort during takeoff or landing of the aircraft, and someone feels them very hard. This implies the need to individualize the conditions of carriage, and therefore the use of a wide range of vehicles and technologies.

Each of the listed characteristics is provided by some modes of transport with greater success, and other modes fail to do that. However, these characteristics are not equally important. In our opinion, based on the definition of freedom of movement proposed above, its main, pointed characteristics should be considered as follow:

Table 1

Dynamics of passenger transportation volume and passenger turnover in the Russian Federation by mode of transport, 2017 to 2010 (%)

Mode of transport	Index of passenger transportation volume growth	Index of passenger turnover growth
Railway	118,4	88,6
Bus	83,3	87,8
Passenger taxi	144,7	166,7
Tram	63,8	64,2
Trolleybus	62,4	73,2
Metro	100,1	104,0
Water	141,1	79,1
Air	183,1	176,3
Total	83,8	115,8

Source: Calculations of the author based on Federal Statistics Service (hereinafter referred to as Rosstat) data [21, p. 36].

Table 2

Dynamics of passenger vehicle availability in the Russian Federation, 2017 to 2010 (%)

Type of vehicles	Growth index
Working park of railway passenger cars	103,6
Public buses	107,6
Passenger cars, total	136,3
including owned by citizens	137,4
Trams	87,5
Trolleybuses	84,7
Metro cars	123,8
Sea passenger and cargo-carrying transport vessels	96,4
River passenger and cargo-carrying transport vessels	81,0
Civil aircrafts (all types)	116,7

Source: Calculations of the author based on Rosstat data [21, p. 32].

freedom of choice of route and time (speed) of movement. The ability to move from one point of spatial environment to another of one's choice in a short time means freedom of movement as such. The remaining characteristics are concomitant or limiting (as, for example, cost).

Differences in the dynamics of transportation by mode of transport, taking into account the characteristics that determine freedom of movement

From the point of view of the main characteristics of freedom of movement, automobile transport and civil aviation have significant advantages. And, despite high cost and significant level of danger, many individuals make a choice in favour of these modes of transport. Thus, in the European Union's countries, personal motor transport dominates in domestic passenger transportation. For example, in Germany its share in the domestic passenger turnover steadily exceeds 80 % [18, p. 11].

In Russia in recent years, air transport and passenger taxi are leading in terms of the dynamics and volumes of passenger turnover and passenger transportation (Table 1). Federal Statistics Service [Rosstat] does not provide data on the volume of transportation and passenger turnover of personal vehicles, but an indirect characteristic of the dynamics of those indicators can be translated through the increase in the number of passenger cars owned by citizens that is the maximum number among all types of vehicles (Table 2). With this in mind, decline in passenger transportation by buses, trams and trolleybuses, the low dynamics in the metro become understandable. It is obvious that part of passenger traffic is switching to personal vehicles, despite the problems encountered in major cities and agglomerations due to traffic jams [19, 20].

Air and road transport were also leading in terms of freight turnover dynamics (Table 3). By the way, the number of trucks owned by citizens increased very significantly during the period under review, by 34,5 % [21, p. 52].

Thus, the statistics confirm the introspective conclusion that the need for freedom of movement

Table 3

Dynamics of cargo transportation volume and cargo turnover in the Russian Federation by mode of transport, 2017 to 2010 (%)

Mode of transport	Index of cargo transportation volume growth	Index of cargo turnover growth
Railway	105,5	124,0
Automotive	103,2	128,1
Pipeline	107,3	109,8
Water	103,6	73,4
Air	118,2	168,1
Total	104,1	115,4

Source: Calculations of the author based on Rosstat data [21, p. 33].

(including freedom of movement of material goods) is a significant factor affecting distribution of transportation volumes between modes of transport, and one of the reasons for preferences given to air and road (above all to passenger vehicles) transport.

At the same time, personal vehicles are much less energy efficient and terraefficient [22] than bus and, especially, train transportation.

Terraefficiency [*original spelling and meaning is different from land use efficiency – ed. note*] of the transport system is an economic category that characterizes the ratio of the volumes of transportation and of the economic results, to the land surface used for deployment of the transport system. Terraefficiency can be defined, e.g., as:

– Ratio of passenger turnover to the area of land used by transport, thous. p-km/sq. km. (for passenger transport systems);

– Ratio of cargo turnover to the area of land used by transport, thous. t • km/sq. km. (for freight transport systems);

– Ratio of adjusted transportation work to the area of land used by transport, thous. of adjusted t • km/sq. km. (for combined, freight and passenger transport systems);

– Ratio of revenues of transportation to the area of land used by transport, thous. currency units (e.g. rubles)/sq. km. (for any transport systems) [22].

Thus, according to the calculations of French specialists, passenger transportation by personal transport requires the use of a territory which is by 5 times larger than when passengers are transported by buses, and almost by 20 times larger than when passengers are transported by metro trains. The corresponding differences in energy efficiency reach 2- and 2,5-times difference respectively [23, p. 40]. It seems that these differences may even be much higher.

Modern high-speed railway system significantly exceeds both road and air transport in terms of energy efficiency, environmental friendliness and terraefficiency [24, p. 23].

Attention should also be paid to differences in the level of safety of transportation by modes of transport (Table 4).

The number of fatalities in air transport is by several times higher than in railway and water transport, and for road transport this number is higher than for any other mode of transport by several orders of magnitude.

Nevertheless, people actively use both air and road transport, which have significant advantages in ensuring the basic characteristics of freedom of movement. And this desire for freedom of movement must be taken into account when choosing priorities for developing transport systems.

Freedom of movement and mobility

It is necessary to note the connection of freedom of movement as of a characteristic of the transport system with the concept of «transport mobility of the population», but at the same time to differentiate them.

Transport mobility of population means usually the intensity of spatial movement of people, expressed by such indicators as the average number of trips or the number of passenger-kilometers per inhabitant over a certain period [1, 25]. In the general case, expansion of freedom of movement contributes to the growth of population mobility, the connection between them is undoubted. But there are significant differences.

Firstly, freedom of movement is determined by the *opportunity to make* a movement (travel), characterized by certain qualitative terms. And transport mobility in the above understanding is characterized by movements that have already been made, and only in quantitative

Table 4

The number of traffic accidents and number of injured persons in the Russian Federation, 2017

Mode of transport	Number of accidents, thousand	Died, thousand people	Injured, thousand people
Public railway transport	0,014	0,003	0,024
Water	0,054	0,008	0,002
Air	0,039	0,050	0,029
Automotive	169,4	19,1	215,4

Source: Rosstat [21, p. 86].

terms. Variants are quite realistic when expanding freedom of movement will lead not only and even not so much to an increase in quantitatively measured transport mobility, but to its geographical diversification.

Secondly, the concept of transport mobility refers only to movement of people, while freedom of movement (in the interpretation proposed in the article) covers movement of material goods as well.

Another interpretation of transport mobility is closer to freedom of movement. It implies that «transport mobility is *a process* [*italics of the author*] of safe, comfortable, fast, accessible and economically expedient movement of a person or group of people using one or several modes of transport» [26, p. 32]. In this definition, one can find a wide range of qualitative characteristics, close to the characteristics of the transport aspect of freedom of movement, although not identical to them. However, here it is not the *opportunity* that is being considered, but the *process* of movement itself, and again it is only a matter of moving people, but not material goods. At the same time, it is important to indicate the use of several modes of transport. The importance of multimodality for ensuring freedom of movement will be noted below.

Thus, understanding of the essence of transportation provision of freedom of movement, associated on the one hand, with the widely used concept of transport mobility, and on the other hand, having fundamental differences as compared to it, significantly enriches the categorical apparatus of the theory of transport and allows to consider the priority implementation of one of the key human needs when developing transport systems.

Development of transport systems' openness and multimodality as a factor ensuring freedom of movement

The main lines of harmonization of the main and associated (in terms of freedom of movement) characteristics of transport systems consist in development of open access transport systems [27] and of multimodal transportation. The current stage of development of transport equipment and technology is characterized by hybridization of vehicles [28, p. 53]. At the same time, synergetic innovations arise, allowing to form the corresponding socio-economic effects thanks to combination of advantages of different vehicles and technologies and to emergence of new opportunities for passengers and commodity owners [29, 30].

We should note among them vehicles that combine the properties of an aircraft and a car, which are to allow to effectively solve the transport problems of megalopolises, providing acceleration of trips and elimination of traffic jams on highways. Another concept of interest is a «train-plane», the implementation of which will make it possible to harmonize the interaction of air and railway transport [31].

The radical acceleration of transportation, which means expansion of freedom of movement will be facilitated by implementation of projects of ultra-high-speed ground and air vehicles [2, 32].

All this taken together will raise multimodal transportation to a new level. It seems that the development of hybridization of vehicles will constitute a basis for a possible transition from multimodal transport systems to multitransport, which best combines various characteristics of transport vehicles and systems in terms of freedom of movement.

Conclusion. Process of multitransport development will require fundamentally new combinations of existing technical and technological solutions, as well as of those that have yet to be invented. To advance in this direction, it is crucially important to realize the urgency of finding harmonious transport solutions to increase freedom of movement, which will have significant social and economic effects.



REFERENCES

1. Economics of Railway Transport [*Ekonomika zheleznodorozhnogo transporta*]. Ed. by Tereshina, N. P., Lapidus, B. M. Moscow, Training and methodological center on education in railway transport, 2011, 676 p.

2. Lapidus, B. M. On the conditions and trends of evolution of transport and the scientific tasks of creating vacuum-levitational transport systems [*Ob usloviyakh i trendakh evolyutsii transporta i nauchnykh zadachakh po sozdaniyu vakuumno-levitatsionnykh transportnykh system*]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2016, Iss. 4, pp. 1–17.

3. Polyakov, Yu. N. Attention! – transport [*Vnimanie! – transport*]. Moscow, Transport publ., 2000, 183 p.

4. Usanov, P. V. Retrospective of economic thought: from ancient Greece to modern times [*Retrospektiva ekonomicheskoi mysli: ot drevnei Gretsii do sovremennosti*]. St. Petersburg, Strata publ., 2019, 302 p.

5. Large legal dictionary [*Bolshoy yuridicheskiy slovar*]. Electronic resource: https://jurisprudence.academic.ru/7343/свобода_передвижения. Last accessed 25.11.2018.

6. Macheret, D. A., Ledney, A. Yu. Prospects for development of transport infrastructure [*Perspektivy razvitiya transportnoi infratruktury*]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2018, Iss. 5, pp. 16–22.

7. Macheret, D. A. Social Significance of Transportation Speed. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 3, pp. 40–52.

8. Böhm Ritter von Bawerk, Eugen. Capital and interest. Vol. 2: Positive theory of capital [*Kapital i protsent; t.2: Pozitivnaya teoriya kapitala*]. Trans. from English. Chelyabinsk, Socium publ., 2010, 916 p.

9. On approval of the Comprehensive Plan for modernization and expansion of mainlines infrastructure for the period up to 2024 [*Ob utverzhdenii Kompleksnogo plana modernizatsii i rasshireniya magitralnoi infrastruktury na period do 2024 goda*]. Regulation of the Government of the Russian Federation of September 30, 2018 No. 2101-r.

10. Lukyanova, O. V., Khusainov, F. I. Analysis of the dynamics of car parks and the «surplus problem» [*Analiz dinamiki vagonnykh parkov i «problema profitsita»*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2014, Iss. 4, pp. 72–83.

11. Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Modern problems of development and reforming of railway transport [*Sovremennie problemy razvitiya i reformirovaniya zheleznodorozhnogo transporta*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2015, Iss. 6, pp. 3–8.

12. Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Model and methods of macroeconomic estimation of the commodity mass in the process of transportation [*Model i metodika makroekonomicheskoi otsenki tovarnoi massy, nakhodyashcheisya v protsesse perevozki*]. *Vestnik VNIIZhT*, 2011, Iss. 2, pp. 3–7.

13. Lapidus, B. M., Macheret, D. A. On increasing the speed efficiency of railway transport [*O povyshenii skorostnoi effektivnosti zheleznodorozhnogo transporta*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2012, Iss. 7, pp. 11–21.

14. Smekhova, N. G., Kozhevnikov, Yu. N., Macheret, D. A. [*et al*]. Expenses and cost of railway transportation [*Izderzhki i sebestoimost zheleznodorozhnykh perevozok*]. Ed. by Smekhova, N. G., Kozhevnikov, Yu. N. Moscow, Training and methodological center on education in railway transport, 2015, 472 p.

15. Macheret, D. A. On the development of a comprehensive assessment system and increasing the productivity of the use of production resources by areas (labor, infrastructure, rolling stock, energy efficiency) [*O razrabotke sistemy kompleksnoi otsenki i povysheniya proizvoditelnosti ispolzovaniya proizvodstvennykh resursov po napravleniyam (trudovye resursy, infrastruktura, podvizhnoy sostav, energoeffektivnost)*]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2010, Iss. 2, pp. 3–23.

16. Ryshkov, A. V. Economic conditions of transport [*Ekonomicheskaya konyunktura transporta*]. Moscow, MIIT publ., 2008, 130 p.

17. Macheret, D. A. Managing the expenses and costs of railway transportation, taking into account market factors [*Upravlenie izderzhkami i sebestoimostyu perevozok na zheleznodorozhnom transporte s uchetom konyunkturnykh faktorov*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2012, Iss. 11, pp. 31–51.

18. Competition in the railway transport in Germany: 20 years later [*Konkurentsiya na zheleznodorozhnom transporte Germanii: 20 let spustya*]. *Zheleznie dorogi mira*, 2013, Iss. 7, pp. 11–21.

19. Macheret, D. A. Economy of Bottle Necks. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 3, pp. 64–75.

20. Macheret, D. A. Time Multiplier in Transportation. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 3, pp. 102–107.

21. Transport in Russia. 2018: Stat. collection [*Transport v Rossii. 2018: Stat. sb.*]. Moscow, Rosstat publ., 2018, 101 p.

22. Lapidus, B. M., Macheret, D. A. Methodology for assessing and ensuring the effectiveness of innovative transport systems [*Metodologiya otsenki I obespecheniya effektivnosti innovatsionnykh transportnykh system*]. *Ekonomika zheleznykh dorog*, 2016, Iss. 7, pp. 16–25.

23. Urban mobility – a study of the UITP [*Gorodskaya mobilnost – issledovanie UITP*]. *Zheleznie dorogi mira*, 2014, Iss. 8, pp. 37–41.

24. Scientific support of innovative development and improvement of the efficiency of railway transport: a collective monograph of members and scientific partners of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways [*Nauchnoe obespechenie deyatelnosti zheleznodorozhnogo transporta: kollektivnaya monografiya chlenov i nauchnykh partnerov Ob'edinennogo uchenogo soveta OAO RZD*]. Ed. by Lapidus, B. M. Moscow, Mittel Press, 2014, 288 p.

25. Yukish, V. F. Factor analysis of transport mobility of population of Russia [*Faktorniy analiz transportnoi podvizhnosti naseleniya Rossii*]. *Aktualnie problemy gumanitarnykh i estestvennykh nauk*, 2016, Iss. 4–2, pp. 121–128.

26. Kogan, D. B. Homo mobilis – a mobile person [*Homo mobilis – chelovek mobilniy*]. *Avtomobilniy transport*, 2016, Iss. 1, pp. 32–37.

27. Macheret, D. A. Innovative Development of Transport Systems of Common Access. *World of Transport and Transportation*, Vol. 10, 2012, Iss. 1, pp. 78–82.

28. Izmaikova, A. V. Innovations significant for railway transport [*Innovatsii znachimie dlya zheleznodorozhnogo transporta*]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2014, Iss. 3, pp. 53–69.

29. Izmaikova, A. V. Waves of Railway Innovative Development. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 5, pp. 26–38.

30. Macheret, D. A., Izmaikova, A. V. Economic role of innovations in long-term development of railway transport [*Ekonomicheskaya rol innovatsii v dolgosrochnom razvitii zheleznodorozhnogo transporta*]. Moscow, MIIT publ., 2016, 162 p.

31. Kudryavtseva, A. V. Socio-economic perspectives of transport innovations [*Sotsialno-ekonomicheskie perspektivy transportnykh innovatsii*]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2017, Iss. 2, pp. 34–39.

32. Macheret, D. A. Transport development in the context of socio-economic problems [*Razvitie transporta v kontekste sotsialno-ekonomicheskikh problem*]. Transport Rossiiskoi Federatsii, 2017, Iss. 4, pp. 16–18.

ЦИФРОВАЯ МОБИЛЬНОСТЬ В МОСКВЕ

Москва, как и все мегаполисы мира, переполнена транспортными средствами. Дорожная инфраструктура не всегда справляется с нагрузками, пробки и низкие скорости передвижения по городу – одна из главных проблем столицы. Цифровые технологии позволят эффективнее использовать личный и общественный транспорт, а в долгосрочной перспективе – увеличить мобильность граждан, повысить уровень безопасности и комфорта городских поездок и в целом оптимизировать управление транспортными потоками.

Концепция «Умный город – 2030» в сфере мобильности нацелена на переход города от традиционных транспортных систем к системам интеллектуальной мобильности.

Транспорт

Цели:

• обеспечение условий для максимальной мобильности москвичей;

• реализация концепции «Мобильность как услуга» (MaaS), которая предполагает выбор в режиме реального времени оптимальных параметров маршрута, времени поездки, стоимости, уровня комфорта и экологического эффекта;

• создание городского персонифицированного онлайн-сервиса интеллектуальной мобильности;

• создание дорожно-транспортной инфраструктуры для использования беспилотного транспорта;

• запуск беспилотного транспорта в Москве;

• использование исключительно экологически чистого электрического общественного транспорта в городе Москве;

• повышение безопасности, комфортности и экологичности транспортной системы города Москвы с помощью цифровых технологий;

• снижение среднего времени городской поездки за счёт интеллектуальной транспортной системы и цифровых сервисов;

• повышение эффективности управления транспортными потоками и снижение аварийности на дорогах за счёт аналитики Больших данных и других цифровых технологий;

• синхронизированное гармонизированное развитие транспортной инфраструктуры города Москвы и Московской области;

• отказ от использования личного автотранспорта в пользу общественного транспорта и сервисов логистических служб.

Стратегические проекты в сфере транспорта

Мобильность как услуга (MaaS):

Реализация концепции MaaS предполагает создание цифровой платформы, объединяющей городские и коммерческие транспортные сервисы (в том числе сервисы совместного использования транспорта

Обеспечение условий для развития беспилотного транспорта:

Для функционирования беспилотного транспорта будет сформирована городская дорожно-транспортная инфраструктура, обеспечивающая покрытие объектов транспортной инфраструктуры сетями нового поколения и датчиками Интернета вещей.

Обеспечение условий «нулевого выброса»:

Разработка мобильного сервиса для владельцев автомобилей с «нулевым выбросом» поможет постепенно увеличивать использование электромобилей и электробайков на городских дорогах как в личных, так и в коммерческих целях.

«Умная» логистика:

Логистический электронный сервис грузовых перевозок поможет снизить интенсивность движения грузового транспорта по городу. Цифровая платформа для координации перевозок упростит организацию доставки, позволит автоматизировать диспетчеризацию грузовых перевозок и предоставит доступный сервис для малого и среднего бизнеса.

По материалам официального сайта мэра Москвы https://www.mos.ru/2030/n/n3/ ●

DIGITAL MOBILITY IN MOSCOW

Moscow, like all megacities of the world, is crowded with vehicles. Road infrastructure does not always cope with loads, traffic jams, and low traffic speed around the city is one of the main problems of the capital. Digital technologies will make it possible to more effectively use personal and public transport, and in the long run to increase mobility of citizens, increase the level of safety and comfort of city trips, and generally optimize traffic management.

The concept «Smart City-2030» in the field of mobility is aimed at transition of the city from traditional transport systems to intelligent mobility systems.

Transport

Objectives:

• Providing conditions for maximum mobility of Muscovites;

• Implementation of the concept of «Mobility as a Service» (MaaS), which involves selection in real time of optimal route parameters, travel time, cost, level of comfort and environmental effect;

• Creation of a city personified online service of intelligent mobility;

• Creation of road transport infrastructure for the use of unmanned vehicles;

• Launch of unmanned vehicles in Moscow;

• Use of exclusively environmentally friendly electric public transport in the city of Moscow;

• Improving safety, comfort and environmental friendliness of the transport system of the city of Moscow using digital technologies;

• Reducing average time of a city trip due to the intelligent transport system and digital services;

• Improving efficiency of traffic management and reducing road traffic accidents thanks to Big Data analytics and other digital technologies;

• Synchronized harmonized development of the transport infrastructure of the city of Moscow and Moscow region;

• Refusal to use personal vehicles in favor of public transport and logistics services.

Strategic projects in the field of transport

Mobility as a Service (MaaS):

Implementation of MaaS concept involves creation of a digital platform that combines urban and commercial transport services (including transport sharing services).

Providing conditions for development of unmanned vehicles:

For operation of unmanned vehicles, an urban road transport infrastructure will be formed, providing coverage of transport infrastructure facilities with new generation networks and Internet of things sensors.

Ensuring «zero emission» conditions:

The development of a mobile service for owners of cars with «zero emissions» will help to gradually increase the use of electric vehicles and electric bikes on city roads for both personal and commercial purposes.

Smart Logistics:

A logistics electronic cargo transportation service will help reduce intensity of cargo traffic in the city. A digital platform for coordinating transportation will simplify organization of delivery, will automate the scheduling of cargo transportation and provide an affordable service for small and medium-sized businesses.

Compiled from the materials of the official website of the Mayor of Moscow https://www.mos.ru/2030/n/n3/ ●

УДК 656.347.3(09)
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-56-70

Транспорт и транспортное право: исторические взаимосвязи и перспективы



Духно Николай Алексеевич *— Российский университет транспорта, Москва, Россия*.*

Николай ДУХНО

В статье на основе исторической информации, приуроченной к 210-летию создания единого российского транспортного ведомства и транспортного образования, анализируется взаимосвязь развития транспорта и транспортного права.

Усиливающаяся потребность в правовом регулировании усложняющихся и становящихся все более комплексными транспортных отношений включает развитие транспортного права в число ключевых задач при достижении целей транспортной отрасли.

При рассмотрении современного состояния транспортного права в России анализируются различные подходы к составу и степени обособленности отрасли транспортного права, а также отдельные проблемы нормативного регулирования.

Определяются общие задачи транспортного права в сфере регулирования наиболее актуальных направлений транспортной деятельности, обосновываются возможность создания единого свода транспортного законодательства и правовых норм, важность интенсификации транспортно-правовых исследований.

Ключевые слова: транспортное право, транспорт, транспортные отношения, транспортное законодательство, наука транспортного права, правоотношения, транспортная безопасность, государственное право, гражданское право.

---

*Информация об авторе:
Духно Николай Алексеевич – доктор юридических наук, профессор, директор Юридического института Российского университета транспорта, Москва, Россия, info@ui-miit.ru.

Статья поступила в редакцию 14.03.2019, принята к публикации 27.06.2019.

For the English text of the article please see p. 64.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие общественных отношений подтверждает историческую взаимосвязь развития транспорта и правового регулирования транспортных отношений, прослеживаемую с самых давних времён. По мере становления государственности ещё в Древней, а затем по мере развития внутренних и внешних водных и сухопутных сообщений в средневековой Руси возникла потребность регулировать перевозки. Уже тогда начали появляться первые правовые нормы, регулирующие отношения этих первых видов транспорта. Следы правового регулирования перевозок видны в первом письменном своде законов «Русская Правда» Ярослава Мудрого 1016 года, где переплетались правовые нормы гражданского и уголовного права [1]. Сочетание слов «транспорт» и «право», слившихся в одну ёмкую категорию «транспортное право», прочно вошло в оборот ещё в дореволюционное время.

2019 год является юбилейным для российского транспортного ведомства и транспортного образования. 210 лет тому назад, в 1809 году открываются корпус инженеров путей сообщения и институт при нём, положившие начало современному транспортному образованию, укрепляется правовое регулирование управления транспортом, создаётся первый в истории нашей страны единый орган управления транспортом – Управление водяных и сухопутных коммуникаций, пришедшее на смену Департаменту водяных коммуникаций и Экспедиции устроения дорог в государстве.

Эта дата даёт законный повод проанализировать генезис транспортного права в России и дать оценку современным проблемам и задачам, связанным с его развитием.

Целью работы является определение современных задач транспортного права, в том числе как области научных исследований, для этого используются общенаучные *методы*, методы формально-юридического, сравнительно-правового и исторического правового анализа.

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПРАВА В XIX ВЕКЕ

Решения, положившие начало созданию единого органа управления на транспорте и транспортного образования, имели своей основой государственные и экономические причины, а дальнейшее развитие получили под влиянием технических достижений своего времени, в первую очередь, под воздействием появившегося нового вида тяги – паровоза. В совокупности, технический прогресс и новая система транспортного образования, основанная Александром I, дали мощный стимул развитию инженерной культуры России. Эти особо значимые решения направили Россию к прорывному строительству железных дорог, повлекшему за собой подъём промышленности и укрепление международных связей, что послужило восхождению России на вершины новой технической культуры. Большой вклад в положительное разрешение дискуссии [см., напр., 2] о строительстве железных дорог внесли работы П. П. Мельникова [3].

Начало эксплуатации первых железных дорог потребовало соответствующих мер правового регулирования их деятельности, а также и совершенствования норм, связанных с перевозочным процессом с участием нескольких видов транспорта. В результате в период правления Николая I существенно обновились нормативные правовые акты, регулирующие процесс перевозок. В 1842 году содержание Свода законов Российской Империи дополняется 820 статьями, регламентирующими порядок водяных и сухопутных сообщений в России, при этом термины, связанные с железнодорожными сообщениями, выделены не были в силу недостаточности правовой практики. К середине XIX столетия были подготовлены условия для реформирования российского транспортного права. В 1857 году в Свод законов Российской Империи включается том XII «Свод учреждений и уставов путей сообщения» [4]. Этот исторический этап характеризуется как процесс нового становления транспортного права, складывающегося из правовых норм разной отраслевой направленности и образующего комплексность законодательства.

Технический прогресс, нашедший своё отражение в бурном строительстве железных дорог, а также коренные изменения правовой системы России, об-

условленные принятием в 1864 году правовых документов, принципиально изменивших судопроизводство, поставивших его на основу объективного и справедливого разрешения судебных дел, привели к дальнейшему совершенствованию государственного управления транспортной отраслью и транспортного права. В 1865 году создаётся Министерство путей сообщения, наделяемое широкими полномочиями по строительству разветвлённой сети железных дорог. Дальнейшее развитие железнодорожного транспорта побуждало к подготовке и принятию новых законодательных актов, потребность в которых росла в прогрессии, равной увеличению сети железных дорог. В 1879 году специалисты разработали основы первого «Устава железных дорог», а 12 июня 1885 года Александр III подписал и ввёл в действие первый «Общий устав российских железных дорог», которому был придан статус закона. Устав стал правовой основой деятельности железнодорожного транспорта. В этом правовом документе закреплялись нормы, регулирующие содержание и эксплуатацию железных дорог, регламентирующие порядок управления дорогами, перевозки пассажиров и грузов. Устав железных дорог включал в себя: «Раздел о перевозке пассажиров и грузов по железным дорогам»; «Раздел правил о подсудности и давности железнодорожных исков и о порядке исполнения решений по искам к железным дорогам»; «Раздел полицейских железнодорожных правил» [5]. В этом правовом документе были объединены нормы разной отраслевой направленности, которые стали общим регулятором транспортных отношений, подтвердив жизненную необходимость существования транспортного права, установления единого транспортного правового порядка.

Укрепление правовых основ транспортной деятельности проходило под давлением двух факторов. Первым выступал процесс развития транспортных технологий, шедший в русле индустриализации. Вторым фактором являлся рост потребности в расширении и улучшении качества транспортных услуг. Полноценная реализация обоих факторов не могла осуществляться без соответствующего правового регулирования, без создания и развития транспортного права.

О СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДАХ К ТРАНСПОРТНОМУ ПРАВУ

Краткий исторический анализ процесса зарождения и формирования современного транспортного права в России важен для демонстрации того, что, во-первых, транспортное право развивается неотрывно от развития транспортной отрасли, отвечает на стоящие перед ней вызовы, а, во-вторых, формируется как самостоятельная область правового регулирования, о чем свидетельствует включение отдельной книги в свод законов Российской Империи. Не ставя себе задачу проследить в данной статье дальнейший генезис транспортного права в России, чему посвящены и, уверен, будут посвящены в будущем многочисленные исследования [напр., 2, 6, 7], обратимся к анализу современной ситуации, чтобы понять, каково его место в современной правовой системе, насколько оно отвечает потребностям общества и государства.

Сегодня транспорт воспринимается не только как отрасль, способная качественно и безопасно перемещать грузы и пассажиров, но и как отрасль системообразующая, содействующая сбалансированному развитию государства и общества, решению социально-экономических задач, пространственному развитию территории страны. В этих условиях с еще большей очевидностью проявляет себя необходимость совершенствования системы правовых норм, регулирующих разнообразные отношения, складывающиеся в связи с транспортной деятельностью, повышением ее безопасности, эффективности для граждан и бизнеса.

Транспортное право продолжает развиваться под воздействием потребностей, диктуемых задачами развития транспорта, определёнными в стратегических программных документах России, направленными на создание условий, способствующих экономическому росту, повышению конкурентоспособности национальной экономики и повышению качества жизни населения, оказанию доступных, безопасных и высококачественных транспортных услуг [8].

В настоящее время транспортное право представляет собой большой объём разнообразных правовых концепций, теоретических положений, правовых идей, правовых принципов, огромного количества законов и ещё большего числа разнообразных нормативных правовых актов, принятых исполнительными органами власти, дополняемых массой корпоративных правовых документов.

Для полноценного решения поставленных задач в орбиту регулирования транспортных отношений попадают правовые нормы конституционного права, административного права, финансового права, гражданского права, экологического права, трудового права, переплетённые с ведомственными и корпоративными правовыми нормами, которые в диалектическом единстве образуют транспортное право. Возникающие в сердцевине управленческих транспортных отношений государственно-управленческие отношения, административно-процедурные отношения, контрольно-надзорные отношения и другие схожие отношения также регулируются транспортным правом.

Но при этом всё ещё не изжит и подход, когда во главу угла ставится узкая трактовка самого транспорта как исключительно системы доставки различных грузов в заданное место в необходимом количестве и ассортименте в установленные сроки, а также своевременной доставки пассажиров с помощью транспортных средств при соблюдении правил безопасности перевозок в пункты назначения [9]. Соответственно, исходя из такого подхода, и массив транспортного права сводится только к правовым нормам, регулирующим перевозки. Таким образом сложившееся мнение о транспорте как о средстве перевозки не могло не повлиять на часть правоведов, сузивших транспортное право, ограничивших его регуляторную функцию только процессами перевозок.

При этом, напротив, вполне очевидно, что для эффективного правового регулирования транспортных отношений нужна комплексная отрасль права, развивающаяся по отдельной методологии и действующая своими методами, обеспечивающими регулирование всей совокупности специфических транспортных отношений, а не только перевозок.

Это так же верно, как и то, что отдельные отрасли права по видам транспорта, касающиеся, например, авиационного, железнодорожного или морского транспорта, в отрыве от других не в состоянии регулировать сложные, неоднородные транспортные отношения, где слились в одно целое отношения по всем видам транспортной деятельности, вовлекающие различные виды транспорта, определяющие их взаимодействие, правоотношения. Это равноценно тому, что сам транспорт не может существовать, если его представлять отдельными, несвязанными частями. Отдельные отрасли права не могут полноценно регулировать транспортные отношения, не будучи объединены в единый комплекс транспортного права.

Отметим и другой аспект комплексности транспортного права, далеко выходящий за пределы вопросов регулирования специфических аспектов деятельности видов транспорта.

Транспортное право возникло и развивается как регулятор тех транспортных отношений, какие требуется привести в определённый порядок для удовлетворения потребностей человека, общества и государства. Для нашей страны – это в итоге достижение конституционной цели развития России как социального государства, деятельность которого должна быть направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека. Соответственно, под воздействием конституционных принципов у государства и других субъектов возникает обязанность содействовать развитию транспортного права, ориентирующего правовое регулирование на обеспечение безопасных и удовлетворяющих потребности граждан условий транспортной деятельности.

Проблема соотношения и взаимосвязи публичных и частных интересов в транспортном праве пока не исследована так глубоко и широко, чтобы можно было представить ее полно и объективно в краткой статье [10]. Но в действующем транспортном законодательстве приоритет публичного интереса над частным заметен. Одной из причин является необходимость устранения угроз устойчивой и безопасной транспортной деятельности. Чтобы обеспечить транспортную безопасность, требуются публич-

но-правовые меры. Публичные интересы отражают ориентацию транспортного права на удовлетворение потребностей людей, способствуют защите основных прав граждан. Понимание публичных интересов должно возрастать по мере укрепления правовой культуры на транспорте.

Нельзя при этом не отметить и существование ряда проблем в транспортном праве России.

Существует и действует неопределённое число нормативных правовых актов, принятых ещё в советское время. Их наличие не укрепляет, а ослабляет правовую базу, предназначенную регулировать транспортные отношения.

Основным источником транспортного права являются законы. Иные, подзаконные нормативные правовые акты призваны регулировать те отношения, какие не охватываются законами. Их массовость, недостаточная упорядоченность создают сложности имплементации правовых норм в практическую деятельность.

С другой стороны, большой объём законодательства и иных нормативных правовых актов не даёт оснований считать, что транспортное право не нужно развивать. И исходить при этом следует, в первую очередь, из интересов развития общества, государства, граждан, с учётом специфических актуальных задач развития транспортной отрасли.

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ПРАВА

Стратегические цели развития транспортной системы Российской Федерации определяют и задачи совершенствования транспортного права. Задача формирования единого транспортного пространства России на базе сбалансированного, опережающего развития транспортной инфраструктуры, не может решаться без правового регулирования отношений в сфере управления, финансирования и определения правового порядка, гарантирующего функционирование транспортной системы. Правовое регулирование обеспечивает работу единой системы транспортных коммуникаций, способствует созданию интегрированной системы товаротранспортной технологической инфраструктуры всех видов транспорта. Право регулирует применение единых стандартов технологической совместимости различных видов транспорта, оптимизирующих их взаимодействие. Отношения в сфере создания единой информационной среды технологического взаимодействия различных видов транспорта также регулируются транспортным правом.

Без правового регулирования транспортных отношений невозможно обеспечивать *безопасность на транспорте*. На всех видах транспорта безопасность движения, безопасность полётов, безопасность судоходства обеспечиваются путём правового установления порядка, предотвращающего угрозы и опасность причинения вреда людям и транспортной инфраструктуре, транспортным средствам. Инженерно-технические и организационные меры структурируются и применяются в рамках норм транспортного права. Для того, чтобы транспортная система отвечала требованиям, заявленным в государственных программных документах, нужны чёткие, удобные правовые регуляторы, гарантированно обеспечивающие содержание и безопасное функционирование всей структуры, образующей транспортный комплекс.

Правовое регулирование требуется улучшать в сфере обеспечения безопасности процессов перевозки, безопасности движения транспортных средств, экологической безопасности и других видов безопасности на транспорте, в сфере контрольно-надзорной деятельности. До сегодняшнего дня в контрольно-надзорном процессе действует большое число нормативных правовых актов, принятых ещё в советский период времени. При таком состоянии правового сопровождения контрольно-надзорная деятельность испытывает трудности в решении поставленных перед ней задач.

Особого внимания требует к себе экологическая безопасность, которая обеспечивается при соблюдении правовых норм, регулирующих снижение негативного техногенного воздействия транспортной системы на окружающую среду, что способствует полноценной и здоровой жизни людей и обеспечивает соответствие объектов транспортной отрасли международным экологическим стандартам. Посредством

правовых регуляторов совершенствуется государственное управление в сфере создания условий для перевода транспортных средств на экологически чистые виды топлива, повышения степени использования гибридных и электрических двигателей транспортных средств, материалов и технологий, устраняющих вредное воздействие на окружающую среду. Правовыми мерами возможно обеспечение экологически безопасного обращения с отходами транспортного комплекса.

Правовое воздействие на транспортные отношения обеспечивает рост *качества транспортных и логистических услуг* в сфере пассажирских и грузовых перевозок, отвечающих потребностям развития экономики России. Внедрение современных транспортных технологий, гарантированное предоставление транспортных услуг, имеющих социальную значимость, – всё это возможно при надлежащем правовом регулировании.

Транспортное право проявляет себя и в формировании рынка конкурентоспособных транспортных услуг. Правовые регуляторы обеспечивают *добросовестную конкуренцию*, при которой создаются условия повышения уровня качества предлагаемых транспортных услуг.

Территориальные особенности России с учётом её географического положения и развитой транспортной системы способствуют реализации транзитного потенциала, что требует развития правового регулирования для решения таких задач, как *интеграция России в мировую транспортную систему, расширение доступа российских поставщиков транспортных услуг на зарубежные рынки, развитие экспорта российских транспортных услуг*. Успешность технической и технологической интеграции транспортно-логистической инфраструктуры России в мировую транспортную систему зависит от уровня правового порядка, способного гарантированно решать поставленные задачи перевозки грузов, координировать бизнес-процессы осуществляемых поставок и транзитных перевозок. Квалифицированного правового анализа требуют управление рынком экспорта транспортных услуг, конкурентная ситуация на нем. В совершенствовании мер регулирования и разработке правовых мероприятий по улучшению технических и технологических показателей нуждаются организация деятельности и планирование договорного сотрудничества в международных транспортных коридорах.

Сложившееся на данный момент времени состояние инфраструктуры и транспортных средств различных видов транспорта обуславливает необходимость разработки новых правовых норм в части выделения *финансовых средств* в размере, необходимом для замены устаревших элементов транспортной системы новыми техническими средствами и технологиями. Существующий порядок финансирования транспортной отрасли является в некоторых аспектах неудовлетворительным, что подтверждается данными Росстата в части степени износа основных фондов транспортной системы России по состоянию на 2018 год. Так, на железнодорожном транспорте степень износа основных средств составляет 36,5 %, на воздушном транспорте – 41,8 % [11]. Требуется совершенствование правовых мер, повышающих ответственность за эффективность инвестиций и предотвращающих нецелевое использование денежных средств.

Достигнутый уровень *информатизации* транспортных процессов и планы дальнейшей цифровизации транспорта требуют правового регулирования в области внедрения и использования цифровых технологий, всестороннего и полного оснащения современными информационными технологиями всех структур, обеспечивающих транспортные услуги высокого качества, своевременность, полноту, достоверность передачи и обработки данных, на основе которых происходит процесс перевозок и обеспечивается безопасность.

Немаловажным аспектом является внедрение и развитие *правовой культуры*. Транспортное право формирует мировоззрение руководителей и специалистов всего транспортного комплекса, что способствует решению задач повышения качества транспортных услуг для населения, удовлетворения их законных интересов и реализации установленных социальных стандартов. Процесс решения этих задач базируется на нормах транспортного права, а оно не существует само по себе, его реа-

лизация должна осуществляться не формально, а укореняться в сознание работников транспорта, которые и формируют отношения, в пределах которых реализуются поставленные задачи. Напротив, слабый уровень правовой культуры не позволяет большому числу работников транспорта достичь понимания того, что для воплощения правовых норм в реальную практику требуются правовые знания, на основе которых идёт процесс осмысления требований закона, формируется убеждение о принятии именно правового, юридически обоснованного и выверенного решения.

Сложно переоценить вклад транспортного права в решение задач, содействующих *мобильности населения и доступности транспортных услуг*. Среди главных поставленных перед транспортной отраслью задач – удовлетворение прав и законных интересов людей в перевозках, в установлении и соблюдении социальных норм и стандартов, создание доступной транспортной среды для лиц с ограниченными возможностями, обеспечение транспортной доступности поселений.

Динамика роста потребности в правовом регулировании транспортных отношений стимулирует усиление научных исследований в области транспортного права. Требуются глубокие теоретические разработки для обоснования изменений и дополнений действующего транспортного законодательства, подготовки проектов новых законов, особенно там, где наиболее ясно проявляются изменения транспортных отношений, а достаточных правовых регуляторов их пока не существует.

Иначе говоря, чтобы добиться высококачественного правового регулирования в широком спектре транспортных отношений, требуется поднять уровень развития науки транспортного права. Только на основе науки появляется возможность объективной и полной оценки действующего транспортного законодательства. Наука транспортного права является основой разработки новых законов и других нормативных правовых актов. И этот процесс тесно связан с организацией обучения транспортному праву. Только на основе научных исследований возможна полноценная разработка новых образовательных программ, новых учебных курсов, необходимых для правового обучения работников транспорта. Учебный процесс в области изучения транспортного права будет ослаблен при отсутствии тесного взаимодействия с научными исследованиями.

Напротив, в отсутствие достаточного числа научных исследований, ведение которых к тому же базируется в большей части на энтузиазме тех правоведов, для которых исследования по транспортному праву стали предметом осознанного добровольного инициативного выбора, но не целевого запроса со стороны транспорта, разработка новых нормативных актов часто идёт без должного научного сопровождения, лицами, не имеющими профессиональных компетенций в области транспортного права. В итоге, при отсутствии фундаментальных правовых знаний работников, отвечающих за правоприменительный процесс, и при изъянах в самом нормативном правовом акте, ценность правового регулирования утрачивается. К сожалению, во многих таких случаях на смену правовому регулированию приходят указания начальника, принимаемые не на правовой основе, а исходя из субъективной оценки тех обстоятельств, которые складываются на транспорте. И в этом одна из причин аварий и других происшествий на транспорте.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В Юридическом институте Российского университета транспорта в ходе дискуссий, в том числе и на научных форумах, представлены обоснованные предложения о разработке и создании свода транспортного законодательства и нормативных правовых актов, что будет способствовать систематизации правовых норм и образованию внутренней нормативной правовой системы транспортного комплекса. Это создаст полное систематизированное собрание действующих нормативных правовых актов, регулирующих транспортные отношения. Проект такого свода требуется разрабатывать на научной основе и выносить на широкое обсуждение на семинарах,

круглых столах с участием учёных-правоведов и практических работников транспорта. Основой создания свода должны стать принципы систематизации законодательства и других нормативных правовых актов. Для обеспечения полноты и достоверности собрания нормативных правовых актов, относящихся к транспортному комплексу, их следует инвентаризовать и провести глубокий научный анализ на предмет выявления в них противоречий и других недостатков, по которым могут быть выявлены основания для внесения предложений об изменениях и дополнениях. Это большая и кропотливая работа, но она необходима, ибо последующее принятие новых нормативных правовых актов ещё больше усугубит недостатки транспортного законодательства. В процессе оценки действующих нормативных правовых актов важно обратить внимание на их конституционность, на соответствие их требованиям части 2 статьи 55 Конституции России, где чётко определяется, что в Российской Федерации не должны издаваться законы, отменяющие или умаляющие права и свободы человека и гражданина. Систематизация транспортного законодательства освободит его от излишеств, ненужного нагромождения, устранит многие недостатки и преобразует его в более эффективную систему, удобную для использования и применения на практике [12].

В целом, науку транспортного права следует ориентировать на разработку новых концепций, выражающих связи разных отраслей права, объединение их в одну комплексную отрасль транспортного права, которая обязана быть полноценным регулятором транспортных отношений. Здесь необходимо учесть, что исследования в области консолидации транспортного права встречают сопротивление со стороны части правоведов, ориентирующихся только на традиционные отрасли права и не признающих за транспортным правом самостоятельной роли. По инициативе Юридического института Российского университета транспорта неоднократно вносились предложения о необходимости включения транспортного права в номенклатуру научных специальностей, по которым присуждаются учёные степени, но положительного результата пока не достигнуто. Достижение согласия по этой проблеме поднимет науку транспортного права на новую высоту, создавая условия молодым, одарённым юристам для работы над исследованиями по проблематике транспортного права. Оживление научной работы принесёт свои плоды, увеличит число учёных в сфере транспортного права, в том числе, и молодых, позволит создать и реализовать потенциал для ведения новых научных исследований, чьи результаты будут плодотворно использоваться как для развития транспортного законодательства, так и в процессе обучения, необходимого для укрепления правовой культуры на транспорте.

ЛИТЕРАТУРА

1. «Русская Правда» Ярослава Мудрого. [Электронный ресурс]: https://istoriarusi.ru/kiev/russkaja_pravda%20jaroslav_mudrij.html. Доступ 27.06.2019.
2. История железнодорожного транспорта России / Под общ. ред. Е. Я. Красковского, М. М. Уздина. – Т. I: 1836–1917 гг. – СПб., 1994. – 336 с.
3. Мельников П. П. О железных дорогах. – СПб.: тип. Гл. упр. пут. сообщ. и публ. зданий, 1835. – 99 с. [Электронный ресурс]: https://dlib.rsl.ru/viewer/01003542123. Доступ 27.06.2019.
4. Свод Законов Российской Империи. Том XII. Ч. 1. Свод учреждений и уставов путей сообщения. [Электронный ресурс]: http://civil.consultant.ru/reprint/books/244/1.html. Доступ 27.06.2019.
5. Первый Общий устав российских железных дорог и Положение о Совете по железнодорожным делам, 24 июня 1885. [Электронный ресурс]: https://www.prlib.ru/history/619336. Доступ 27.06.2019.
6. Тестов В. Н. Преобразования в системе управления российскими железными дорогами в последней четверти XIX века // Научные ведомости. – 2009. – № 1 (56). – С. 80–87
7. Вульфов А. Б. История железных дорог Российской империи. – М.: Рипол Классик, 2016. – 744 с.
8. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс]: https://www.mintrans.ru/documents/3/1009. Доступ 27.06.2019.
9. Шуравина Е. Н. Проблемы современной транспортной системы России // Вестник Самарского государственного университета. – 2011. – Вып. 90. – С. 58–62. [Электронный ресурс]: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremennoy-transportnoy-sistemy-rossii. Доступ 27.06.2019.
10. Борисова С. В. Регулирование отношений в сфере транспорта на основе конвергенции частного и публичного права // Мир транспорта. – 2019. – № 2. – С. 44–55.
11. Транспорт в России. Статистический сборник. [Электронный ресурс]: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/transp18.pdf. Доступ 27.06.2019.
12. Духно Н. А. Транспортное право – основа правопорядка и безопасности на транспорте. Транспортное право как средство обеспечения устойчивого развития транспортного комплекса страны // Материалы Всероссийской научной конференции «Транспорт России XXI века» / Под ред. В. М. Корякина. – М.: Юридический институт МИИТ, 2018. – С. 6–16.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-56-70

Transport and Transport Law: Historical Relationship and Prospects



Dukhno, Nickolay A., *Russian University of Transport, Moscow, Russia*.*

Nickolay A. DUKHNO

ABSTRACT

The article, dedicated to the 210th anniversary of creation of a single Russian transport administration and transport education and based on historical information, analyzes the relationship between development of transport and transport law in Russia.

The increasing need for legal regulation of more and more complicated and increasingly complex transport relations comprises development of transport law as one of the key tasks in achieving the goals of the transport industry.

When considering the current state of transport law in Russia, various approaches to the composition and degree of autonomy of the transport law area, as well as certain regulatory issues, are analyzed.

The general tasks of transport law in the sphere of regulation of the most relevant fields of transport activity are determined, the possibility of creating a single code of transport legislation and legal norms, the importance of intensifying transport and legal research are substantiated.

Keywords: transport law, transport, transport relations, transport legislation, science of transport law, legal relations, transport safety, state law, civil law.

---

*Information about the author:
Dukhno, Nickolay A. – D.Sc. (Law), professor, director of Law Institute of Russian University of Transport, Moscow, Russia, info@ui-miit.ru.

Article received 14.03.2019, accepted 27.06.2019.

For the original Russian text please see p. 56.

Background.

The development of public relations confirms the historical relationship of development of transport and of legal regulation of transport relations, traced from the earliest times. With formation of statehood as long ago as in Ancient Rus' (as Russia was called at the epoch), and then with development of internal and external water and land routes in medieval Rus', a need arose to govern and regulate transportation. The first legal norms began to appear that governed the relations regarding those first modes of transport. Traces of legal regulation of transportation are visible in the first written code of laws «Russkaya Pravda» [that can be literally translated as Russian Truth] by Yaroslav the Wise in 1016, where the legal norms of civil and criminal law were interlinked [1]. The combination of the words «transport» and «law», merged into one capacious category «transport law», had come into use already before 20th century.

2019 is a jubilee year for the Russian transport administration and transport education. 210 years ago, in 1809, the corps of railway engineers and an institute under its auspices were established, laying the foundation of modern transport education; legal regulation of transport administration was strengthened; the Department of Water and Land Communications, first single transport administration body in the history of Russia was created, replacing the Department of Water Communications and the Expedition for Road Construction in the State.

This date gives a legitimate reason to analyze the genesis of transport law in Russia and assess the current problems and tasks associated with its development.

The *objective* of the work is to determine the modern problems of transport law, including its problems as of a field of scientific research.

The author used general scientific *methods*, methods of formal legal, comparative legal and historical legal analysis.

Results.

Development of transport law in 19th century

The decisions that laid the foundation for creation of a single governing body in transport field and of transport education were based on state and economic reasons, and were further developed under the influence of technical achievements of their time, primarily under the influence of a new type of traction, a newly born steam locomotive. Together, technological progress and the new system of transport education, founded by Alexander I, gave a powerful impetus to development of the engineering culture in Russia. These particularly significant decisions led Russia to breakthrough railway construction, resulted in the rise of industry and in strengthening of international relations, which facilitated Russia's rise to the heights of a new technical culture. A great contribution to the positive resolution of the discussion [see, for example, 2] on construction of railways was made by the works of P. P. Melnikov [3].

The start of operation of the first railways required appropriate legal regulation of their activities, as well as improvement of the norms related to the transportation process involving several modes of transport. As a result, during the reign of Nickolay I, the regulatory legal acts governing the transportation process were substantially updated. In 1842, the content of the Code of Laws of the Russian Empire was supplemented by 820 articles regulating the procedure for water and land transportation in Russia, while the terms associated with railway communications were not highlighted due to insufficient legal practices.

By the middle of 19th century, the conditions had matured for the reform of Russian transport law. In 1857, the Code of Laws of the Russian Empire incorporated Volume XII «Code of Institutions and Charters of Railways» [4]. This historical stage is characterized as a process of new development of transport law, consisting of legal norms of various sectoral lines, forming the complexity of legislation.

Technical progress, reflected in rapid construction of railways, as well as in fundamental changes in the legal system of Russia, thanks to adoption in 1864 of legal documents that fundamentally changed the legal proceedings, putting them on the basis of an objective and fair resolution of court cases, led to further improvement of public administration of the transport industry and to enhancement of transport law. In 1865, the Ministry of Railways was created, endowed with broad powers to build an extensive network of railways. The further development of railway transport prompted preparation and adoption of new legislative acts, the need for which grew in progression, equal to the growth of the railway network. In 1879, experts developed the foundations of the first «Charter of Railways», and on June 12, 1885, Alexander III signed and put into effect the first «General Charter of Russian Railways», which got the status of law. The Charter became the legal basis for the activities of railway transport. This

legal document enshrined the rules governing maintenance and operation of railways, the norms governing management of railways, transportation of passengers and goods. The Charter of Railways included: «Section on transportation of passengers and goods by rail»; «Section on the rules on jurisdiction and limitation of railway claims and on the procedure for execution of decisions on claims to the railways»; «Section of railway police regulations» [5]. This legal document combined the norms of different legal branches, becoming thus the general regulatory instrument of transport relations, confirming the vital necessity of existence of transport law and of establishment of a unified transport legal order.

The strengthening of the legal foundations of transport activities was initiated under the pressure of two factors. The first originated from the process of development of transport technologies, which went along the lines of industrialization. The second factor was associated with the growing need to enhance and improve the quality of transport services. The full implementation of both factors could not be carried out without the appropriate legal regulation, without creation and development of transport law.

On modern approaches to transport law

A brief historical analysis of the process of emergence and development of modern transport law in Russia is important to demonstrate that, firstly, transport law develops inseparably from development of the transport industry, meets the challenges it faces, and, secondly, is formed as an independent area of legal regulation, as evidenced by inclusion of a separate book in the Code of Laws of the Russian Empire. Without setting ourselves the task of tracing in this article the further genesis of transport law in Russia, to which many studies are devoted and, I am sure, will be devoted in the future [eg, 2, 6, 7], we turn to the analysis of the current situation in order to understand its place in the modern legal system, and how it meets the needs of society and the state.

Today, transport is perceived not only as an industry capable of efficiently and safely transporting goods and passengers, but as a backbone industry contributing to balanced development of the state and society, solution of social and economic problems, and spatial development of the country. In these conditions, the need to improve the system of legal norms governing various relations emerging in connection with transport activity, increasing its security, and efficiency for citizens and business manifests itself even more clearly.

Transport law continues to develop under the influence of the need for further development of transport relations, dictated by the tasks of transport development, defined in the strategic program documents of Russia, aimed at creating conditions conducive to economic growth, increasing competitiveness of the national economy and improving quality of life of the population, creating affordable, safe and high-quality transport services [8].

Currently, transport law represents a large volume of various legal concepts, theoretical provisions, legal ideas, legal principles, followed by a huge number of laws, and an even greater number of various regulatory legal acts adopted by executive authorities, supplemented by numerous corporate legal documents.

For a complete solution of the tasks set, the legal norms of constitutional law, administrative law, financial law, civil law, environmental law, labour law, intertwined with departmental and corporate legal norms, regulating transport relations, form transport law in its dialectical unity. Being in the core of administrative transport relations, state-administrative relations; administrative and procedural relations; control and supervision relations and other similar relations are also regulated by transport law.

But at the same time, the approach has not yet been eliminated, when the narrow interpretation of the transport itself is put at the forefront as exclusively a system for delivering various goods to a given place in the required quantity and assortment on time, as well as timely delivery to destinations of passengers using vehicles in compliance with transportation safety rules [9]. Accordingly, based on this approach, the array of transport law is reduced only to the legal norms governing transportation. Thus, the prevailing opinion about transport as a means of transportation could not but affect a part of jurists who narrowed down transport law and limited its regulatory function only to transportation processes.

At the same time, on the contrary, it is quite obvious that effective legal regulation of transport relations requires a comprehensive branch of law that develops according to a separate methodology and operates its own methods that ensure regulation of the totality of specific transport relations, and not just transportation.

This is as true as the fact that certain branches of law separated by mode of transport, for example, regarding civil aviation, rail or sea transport, in isolation from others, are not able to regulate complex, heterogeneous transport relations, merged into a single relationship, involving various modes of transport, determining their interaction, legal relations. This is equivalent to the fact that transport itself cannot exist if it is represented by separate, unrelated parts. Certain branches of law cannot fully regulate transport relations without being combined into a single complex of transport law.

We also note another aspect of complexity of transport law, which goes far beyond the regulation of specific aspects of the activity of modes of transport.

Transport law has arisen and is developing as a regulator of those transport relations that need to be put in a certain order to meet the needs of a person, society and the state. For our country, this is ultimately the achievement of the constitutional goal of developing Russia as a social state, the activity of which should be aimed at creating conditions that ensure decent life and free human development. Accordingly, under the influence of constitutional principles, the state and other entities have an obligation to promote the development of transport law, focusing legal regulations on ensuring safe conditions of transport activities, satisfying the needs of citizens.

The problem of correlation and interconnection of public and private interests in transport law has not yet been studied so deeply and widely that it could be presented fully and objectively in a short article [10]. But in the current transport legislation, the priority of public interest over private is noticeable. One reason is the need to address threats to sustainable and safe transport activities. Public transport measures are required to ensure transport safety. Public interests reflect the focus of transport law on the necessity to satisfy the needs of people, to contribute to protection of fundamental rights of citizens. Understanding of public interests should increase as the legal culture in transport strengthens.

One cannot fail to note the existence of a number of problems in the transport law of Russia.

There is an indefinite number of valid regulatory legal acts adopted as long ago as in Soviet times. Their presence does not strengthen, but weakens the legal framework intended to regulate transport relations.

The main source of transport law is associated with state laws. Other, subordinate regulatory legal acts are called upon to regulate those relations which are not covered by laws. Their mass character and lack of orderliness create difficulties in implementation of legal norms in current activities.

On the other hand, a large amount of legislation acts and other regulatory legal acts is not a reason to believe that transport law does not need to be developed. And proceeding from this, it is necessary to consider first of all the interests of development of society, the state, citizens, taking into account the specific urgent tasks of development of the transport industry.

Modern tasks of development of Russian transport law

The strategic goals of development of the transport system of the Russian Federation are also determined by the tasks of improving transport law. The task of forming a single transport space in Russia on the basis of a balanced, accelerated development of transport infrastructure cannot be solved without legal regulation of relations in the sphere of management, financing and determining the legal order guaranteeing the functioning of the transport system. Legal regulation ensures the functioning of a single system of transport communications, contributes to creation of an integrated system of technological transport infrastructure of all modes of transport. The law governs application of common technological compatibility standards for various modes of transport that optimize their interaction. Relations in the field of creating a single information environment for technological interaction of various modes of transport are also regulated by transport law.

Without legal regulation of transport relations it is impossible to ensure *transport safety*. For all modes of transport, traffic safety, flight safety, and safety at sea are ensured by legal establishment of an order that prevents threats and dangers that can harm people, transport infrastructure, and vehicles. Engineering and organizational measures are structured and applied within the framework of transport law. In order for the transport system to meet the requirements stated in the public program documents, we need clear, convenient legal regulators that guarantee maintenance and safe functioning of the entire structure that forms the transport complex.

Legal regulation needs to be improved in the field of ensuring safety of transportation processes,

safety of vehicles movement, environmental safety and other types of safety in transport, in the field of control and supervision. To this day, a large number of regulatory legal acts are in force in the transport control and supervision process that were adopted back in the Soviet period. Under those conditions, transport control and supervision activities suffer difficulties in solving the tasks assigned to them.

Environmental safety requires special attention, which is ensured by comprehensive respect of the legal standards governing reduction of the negative technogenic impact of the transport system on the environment, which contributes to full and healthy life for people and ensures that transport facilities comply with international environmental standards. Through legal regulators, public administration is enhancing the conditions for converting vehicles to environmentally friendly fuels, increasing the degree of use of hybrid and electric engines of vehicles, materials and technologies that eliminate harmful effects on the environment. Legal measures may ensure environmentally sound management of waste from the transport complex.

The legal impact on transport relations ensures an increase in the *quality of transport and logistics services* in the field of passenger and freight transportation that both meet the development needs of the Russian economy. The introduction of modern transport technologies and guaranteed provision of transport services of social significance are associated with proper legal regulation.

Transport law also manifests itself in development of a market for competitive transport services. Legal regulators ensure *fair competition* in which conditions are created for growing quality of the offered transport services.

The territorial features of Russia, taking into account the geographical location and its developed transport system, contribute to implementation of transit potential, which requires development of legal regulation for solving such problems as *Russia's integration into the global transport system, expanding access of Russian transport service providers to foreign markets, and developing export of Russian transport services*. A huge role is played by transport law in development and functioning of international transport corridors. The success of technical and technological integration of the transport and logistics infrastructure of Russia in the global transport system depends on the level of legal order, which is able to guarantee the solution of the tasks of cargo transportation, can coordinate business processes of deliveries and transit transportation. Qualified legal analysis is required in the field of the management of the export market of transport services, and of competitive situation in it. Improvement of regulatory measures and development of qualified legal measures to improve technical and technological indicators require organization of activities and planning of contractual cooperation within international transport corridors.

The current state of the infrastructure and vehicles of various modes of transport necessitates development of new legal standards regarding allocation of *financial resources* in the amount necessary to minimize depreciation and to replace obsolete elements of the transport system with new technical means and technologies. The existing procedure for financing the transport industry is unsatisfactory in some aspects, which is confirmed by Rosstat [Federal Statistics Service] data regarding the degree of depreciation of fixed assets of the transport system of Russia as of 2018. So, in rail transport the degree of depreciation of fixed assets is 36,5 %, in air transport – 41,8 % [11]. Improvement of legal measures is required that increases responsibility for effectiveness of investments and prevents misuse of funds.

The achieved level of *informatization* of transport processes and plans for further digitalization of transport require legal regulation in the field of implementation and use of digital technologies, comprehensive and complete equipping with modern information technologies of all structures providing high-quality transport services, ensuring timeliness, completeness, reliability of data transmission and processing, forming the basis of transportation process's development and of transport safety.

An important aspect is introduction and development of *legal culture*. Transport law forms the vision of managers and specialists of the entire transport complex. Such a vision contributes to solving the problems of improving quality of transport services for the population, of satisfying their legitimate interests and of implementing established social standards. The process of solving problems is based on the norms of transport law, but it does not exist by itself, its implementation should not be carried out formally, but be rooted in the minds of transport employees, who develop the relationships within which the tasks are realized. On the contrary, a weak level of legal culture does not allow a large number of transport employees to understand that implementation of

legal norms requires legal knowledge. Legal knowledge constitutes the basis for understanding of the requirements of law and conviction is formed in favour of legal, legally justified and verified decisions.

It is difficult to overestimate the contribution of transport law to solving problems that promote *mobility of the population and accessibility of transport services*. Among the main tasks set for the transport industry are satisfaction of the rights and legitimate need of people in transportation, in establishing and observing social norms and standards, creating an accessible transport environment for people with disabilities, and ensuring transport accessibility of settlements.

The growing dynamics of the need for legal regulation of transport relations stimulates the strengthening of *scientific research* in the field of transport law. Deep theoretical developments are required to develop and justify changes and amendments to the existing transport legislation, to prepare draft new laws, particularly in the fields where changes in transport relations are most clearly manifested, but sufficient legal regulators are missing.

In other words, in order to achieve high-quality legal regulation in a wide range of transport relations, it is necessary to further develop the science of transport law. Only on the basis of science it does become possible to objectively and fully evaluate the current transport legislation. The science of transport law is the basis for development of new laws and other regulatory legal acts. And this process is closely related to organization of training in transport law. Only on the basis of scientific research it is possible to fully develop new educational programs, new training courses, necessary for legal training of transport employees. The educational process in the field of the study of transport law will be weakened in the absence of close interaction with scientific research.

On the contrary, in the absence of a sufficient number of scientific studies, the conduct of which is mainly based on the enthusiasm of those jurists for whom the involvement in transport law research is the result of a deliberate voluntary choice, but not of a targeted request of the transport sector, the development of new regulations often goes without proper scientific support, by persons who do not have professional competencies in the field of transport law. As a result, in the absence of fundamental legal knowledge of the employees responsible for the law enforcement process, and with flaws in normative legal acts, the value of legal regulation is lost. Unfortunately, in many such cases, the legal regulation is replaced by the instructions of the chief, which are not taken on a legal basis, but on the basis of subjective assessment of the circumstances that take shape in transport. And this is one of the causes of accidents and other transport incidents.

Conclusions and proposals. In the course of discussions, including those held at scientific forums, Law Institute of Russian University of Transport presented substantiated proposals on development and creation of a code of transport legislation and regulatory legal acts, which will contribute to systematization of legal norms and to development of an internal regulatory legal system of the transport complex. This will create a complete systematic collection of existing regulatory legal acts regulating transport relations. The draft of such a code needs to be developed on a scientific basis and put up for wide discussion at workshops, round tables with participation of legal scholars and practitioners of transport. The creation of the code should be based on principles of systematization of legislation and on other regulatory legal acts. To ensure completeness and reliability of collection of regulatory legal acts related to the transport complex, they should be inventoried, and a thorough scientific analysis should be carried out to identify contradictions and other shortcomings in them, identifying thus grounds for making proposals on amendments and additions. This is a big and painstaking work, but it is necessary, because subsequent adoption of new regulatory legal acts will further aggravate shortcomings of transport legislation. In the process of evaluating existing normative legal acts, it is important to pay attention to their constitutionality, to their compliance with the requirements of Part 2, Article 55, of the Constitution of Russia, which clearly defines that laws should not be enacted in the Russian Federation that abrogate or derogate rights and freedoms of a person and a citizen. Systematization of transport legislation will free it from excesses, unnecessary piling up, eliminate many shortcomings and transform it into a more efficient system, convenient for use and practical application [12].

In general, the science of transport law should be oriented towards development of new concepts expressing relationship between different branches of law, combining them into a single complex branch of transport law, which should be a full-fledged regulator of transport relations. Here it is



necessary to consider that studies in the field of consolidation of transport law are meeting resistance of some jurists who focus only on traditional branches of law and do not recognize an independent role for transport law. At the initiative of Law Institute of Russian University of Transport, proposals have repeatedly been made on the need to introduce transport law in the range of scientific specialties for which postgraduate degrees are awarded, but a positive result has not been achieved yet. Reaching agreement on this issue will raise the science of transport law to a new level, creating conditions for young, gifted lawyers to research on transport law issues. The revitalization of scientific work will bear fruit, increase the number of scientists in the field of transport law, including young ones, and will create and realize the potential for conducting new scientific research, whose results will be fruitfully used both for the development of transport legislation and in the learning process, necessary to strengthen the legal culture in transport.

REFERENCES

1. «Russkaya Pravda» by Yaroslav the Wise [*«Russkaya Pravda» Yaroslava Mudrogo*]. [Electronic resource]: https://istoriarusi.ru/kiev/russkaja_pravda%20jaroslav_mudrij.html. Last accessed 27.06.2019.

2. The history of railway transport in Russia [*Istoriya zheleznodorozhnogo transporta Rossii*]. Ed. by Kraskovsky, E. Ya., Uzdin, M. M. Vol. I: 1836–1917 years. St. Petersburg, 1994, 336 p.

3. Melnikov, P. P. On the railways [*O zhezelnykh dorogakh*]. St. Petersburg, typography of the Main Department of Railways and Public Buildings, 1835, 99 p. [Electronic resource]: https://dlib.rsl.ru/viewer/01003542123. Last accessed 27.06.2019.

4. The Code of Laws of the Russian Empire. Volume XII. Part 1. Code of institutions and charters of transportation [*Svod Zakonov Rossiiskoi Imperii. Tom XII. Chast' 1. Svod uchrezhdenii i ustavov putei soobshcheniya*]. [Electronic resource]: http://civil.consultant.ru/reprint/books/244/1.html. Last accessed 27.06.2019.

5. The First General Charter of Russian Railways and the Regulation on the Council for Railway Affairs, June 24, 1885 [*Perviy Obshchiy ustav rossiiskoikh zheleznykh dorog i Polozhenie o Sovete po zheleznodorozhnym delam, 24 iyuniya 1885*]. [Electronic resource]: https://www.prlib.ru/history/619336. Last accessed 27.06.2019.

6. Testov, V. N. Transformations in the administration system of Russian railways in the last quarter of 19th century [*Preobrazovaniya v sisteme upravleniya rossiiskimi zheleznymi dorogami v poslednei chetverti XIX veka*]. *Nauchnie vedomosti*, 2009, Iss. 1 (56), pp. 80–87

7. Vulfov, A. B. History of railways of the Russian Empire [*Istoriya zheleznykh dorog Rossiiskoi Imperii*]. Moscow, Ripol Classic, 2016, 744 p.

8. Transport strategy of the Russian Federation for the period until 2030 [*Transportnaya strategiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda*]. [Electronic resource]: https://www.mintrans.ru/documents/3/1009. Last accessed 27.06.2019.

9. Shuravina, E. N. Problems of the modern transport system of Russia [*Problemy sovremennoi transportnoi sistemy Rossii*]. *Bulletin of Samara State University*, 2011, Iss. 90, pp. 58–62. [Electronic resource]: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-sovremennoy-transportnoy-sistemy-rossii. Last accessed 27.06.2019.

10. Borisova, S. V. Regulation of the Relations in the Transportation Field based on Convergence of Private and Public Law. *World of Transport and Transportation*, Vol. 17, 2019, Iss. 2, pp. 44–55.

11. Transport in Russia. Statistical Digest [*Transport Rossii. Statisticheskiy sbornik*]. [Electronic resource]: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/transp18.pdf. Last accessed 27.06.2019.

12. Dukhno, N. A. Transport law as the basis of the rule of law and safety in transport. Transport law as a means of ensuring sustainable development of the country's transport complex [*Transportnoe pravo – osnova pravoporyadka i bezopasnosti na transporte. Transportnoe pravo kak sredstvo obespecheniya ustoichivogo razvitiya transportnogo kompleksa strany*]. *Proceedings of All-Russian Scientific Conference «Transport of Russia of 21st Century»* [*Ed. by Koryakin, V. M.*]. Moscow, Law Institute of MIIT, 2018, pp. 6–16.

НАУКА И ТЕХНИКА • SCIENCE AND ENGINEERING

ТЯГА 72

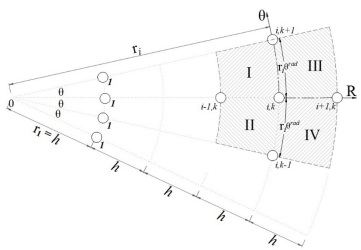
Моторвагонные и традиционные поезда на локомотивной тяге: в чью пользу сравнения?

ЛОКОМОТИВЫ 82

Время отдавать энергию и время её накапливать.

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ 88

Круглые пластины и новый метод конечных разностей.



TRACTION 77

Multiple-Unit Trains vs Traditional Locomotive-Moved Trains. Does comparison give advantage to either of them?



LOCOMOTIVES 85

Time to use the energy, and time to store it.

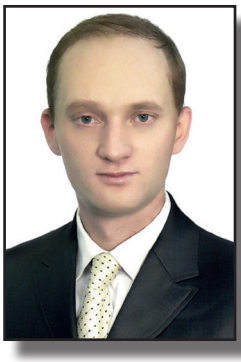
MODAL ANALYSIS 94

Circular plates and new finite difference method.

УДК 629.423
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-72-81

Моторвагонные грузовые электропоезда – альтернатива локомотивной тяге. Сравнение и анализ





Анатолий ЗАЙЦЕВ **Павел ТРОИЦКИЙ**

Зайцев Анатолий Александрович *– Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия.*
Троицкий Павел Сергеевич *– Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия*.*

Описаны преимущества внедрения модульных грузовых электропоездов в сравнении с грузовыми поездами локомотивной тяги, указаны основные предпосылки для внедрения распределённой моторвагонной грузовой тяги. Приведены результаты сравнения технологии перевозок тягой в голове поезда и поездом с моторными вагонами в составе, а также анализ тяговых расчётов двух видов поездов. Описан международный опыт создания грузовых поездов распределённой тяги.

Отмечены основные направления реализации концепции ускорения грузовых перевозок по территории Российской Федерации. Делается вывод, что в современных условиях, когда скорость становится экономической категорией, необходимо создавать подвижной состав нового поколения (колёсный и на магнитном подвесе), а вопросы внедрения грузовых поездов распределённой тяги вновь становятся крайне актуальными.

Ключевые слова: железная дорога, распределённая тяга, ускоренные грузовые перевозки, моторвагонные грузовые электропоезда, инновационный транспорт, тяговые расчёты.

---

*Информация об авторах:
Зайцев Анатолий Александрович – доктор экономических наук, руководитель научно-образовательного центра инновационного развития пассажирских железнодорожных перевозок, профессор кафедры электрической тяги Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия, nozpgups@gmail.com.
Троицкий Павел Сергеевич – аспирант кафедры электрической тяги Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I, Санкт-Петербург, Россия, paveltroickiy@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 25.01.2019, принята к публикации 18.06.2019.

For the English text of the article please see p. 77.



Трёхсекционный 2ЭС5К-011 «Ермак».

Повышение эффективности грузовых перевозок является одной из основных задач, стоящих сейчас перед железными дорогами мира. Наиболее обсуждаемое решение – расширение использования тяжеловесных длинносоставных поездов.

Вместе с тем длинносоставное тяжеловесное движение имеет ряд недостатков и рисков:

• обрывы автосцепок и выдавливание вагонов в кривых при управлении поездом на сложных участках пути;

• генерация больших обратных токов, вызванная высокой мощностью электровозов для тяжеловесного движения. Данное обстоятельство оказывает негативное влияние на работу устройств сигнализации и связи, а также вызывает рост числа случаев пережога контактного провода при сосредоточенном токосъёме [1];

• снижение эксплуатационного КПД энергетической установки локомотива при снижении массы поезда, которое стремится к нулю при холостом перегоне [2, с. 23];

• тяжёлые локомотивы (в частности газотурбовозы, многосекционные тепловозы) создают большие сосредоточенные динамические нагрузки, разрушающие железнодорожные мосты, пути и окружающие строения [1, с. 17].

Внедрение грузовых поездов распределённой тяги, дающих возможность увеличить массу поезда и скорости движения, позволяет устранить указанные риски.

Кроме того, принципиально важно, что ставка на наращивание массы поезда в перевозке грузов неизбежно связана с дополнительными затратами средств и времени, резко увеличивающимися при массе поездов от 9 тыс. т [1, с. 28]. Утяжеление поездов до 8–10 тыс. т в массовом порядке проблематично, так как потребует высокозатратной коренной модернизации всех структур, обеспечивающих перевозку грузов, а сосредоточенная тяга (тяжеловесные составы) может не дать существенных преимуществ по сравнению с распределённой тягой с обычными весовыми нормами. Скорость тяжеловесных поездов будет ниже скорости обычных, что приведёт к снижению пропускной способности участков [3, с. 23].

Основные предпосылки для внедрения распределённой моторвагонной грузовой тяги:

• существенное повышение эксплуатационного КПД энергетической установки поезда;

• возможность комплектации состава любой желаемой грузоподъёмности путём включения или исключения дополнительных моторных вагонов;

• улучшение управляемости поездом, повышение разгонных и тормозных качеств;

• улучшение сцепления колёс с рельсами;

• снижение разрушающего воздействия на путь;

• повышение пропускной способности железнодорожных линий;

• цифровизация управления перевозками [4, с. 17].

Модульная схема исключает потерю продольной устойчивости поезда при торможении из ведущего локомотива, когда вначале происходит торможение локомотива и передних вагонов, и только со значительным запаздыванием затормаживаются средние и хвостовые [5, с. 14]. Под действием инерционных сил они «наваливаются» на локомотив и передние вагоны, и возникает высокая вероятность разрыва и опрокидывания состава.

При этом в немодульном составе рекуперация кинетической энергии тяжеловесного состава во главе с ведущим локомотивом не может быть реализована, в первую очередь, из-за недостаточности сил сцепления локомотива с железнодорожным полотном. Поэтому остановка традиционного грузового поезда производится исключительно механической системой торможения вагонов состава [6, с. 70].

Целью исследования является проверка сравнительных преимуществ моторвагонных грузовых электропоездов на основе тяговых расчётов и анализа опыта эксплуатации модульных составов в ряде стран.

Для достижения указанной цели использовались *методы* сравнительного анализа, контент-анализ технической информации, специальные инженерные методы для тяговых расчётов применительно к железнодорожному транспорту.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ СОЗДАНИЯ ГРУЗОВЫХ ПОЕЗДОВ С РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ТЯГОЙ

Попытки организации работы грузовых поездов распределённой тяги были предприняты в середине 1990-х–начале 2000-х годов в Германии и Японии.

Немецкий грузовой поезд CargoSprinter имел постоянную составность, расцеплялся только в депо при проведении работ по техническому обслуживанию и предназначался для перевозки контейнеров и обменных кузовов [7, с. 33]. Компанией Adtranz были разработаны варианты такого поезда с различными видами тягового привода (электрическим, дизельным и гибридным дизель-электрическим) разной мощности (от 1 до 2,5 МВт). Благодаря этому поезда серии CargoSprinter можно было эксплуатировать на альпийских линиях сложного плана и профиля. Предполагалось, что они будут выполнять перевозки грузов без затрат на сортировочные работы. Для перевозок на маршрутах большой протяжённости можно было сцеплять в один состав до семи поездов CargoSprinter или прицеплять их к обычным грузовым поездам [8, с. 39].

Основой поезда серии CargoSprinter с электрическим приводом являлся расположенный в середине состава тяговый модуль, который жёстко интегрирован в состав поезда. Кроме того, для движения по примыкающим неэлектрифицированным линиям в этом же модуле мог быть дополнительно установлен дизель. Два концевых вагона с кабинами управления позволяли использовать поезда на примыкающих путях без замены тяговой единицы и дополнительных маневровых перемещений.

16-ти вагонный грузовой контейнерный электропоезд с распределённой тягой серии M250, работающий в Японии под названием «Super Rail Cargo», включает в себя два моторных вагона в каждом конце состава и двенадцать промежуточных. Моторные вагоны оснащены тяговым приводом с преобразователями на базе транзисторов IGBT и асинхронными тяговыми двигателями общей мощностью $16 \cdot 220 = 3520$ Вт. Масса поезда брутто равна 730 т, максимальная скорость – 130 км/ч [8, с. 39]. Тележки вагонов не имеют шкворневой балки, в рессорном подвешивании применены пневматические баллоны. Небольшая осевая нагрузка позволяет проходить кривые практически без снижения скорости. В тормозной системе поезда сочетаются электродинамический и фрикционный дисковой тормоза. На моторные вагоны устанавливается по одному, на прицепные – по два тридцатифутовых контейнера [9, с. 31].

В процессе опытной эксплуатации данных поездов выявились их некоторые слабые стороны. А слишком высокая стоимость перевозок стала причиной того, что новые поезда не смогли конкурировать с автомобильным транспортом. Возникали проблемы с вертикальной выгрузкой контейнеров на электрифицированных путях. По мнению ряда авторов, имели место и просчёты в организации эксплуатации поездов этого типа [10, с. 329].

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ ТЯГОЙ В ГОЛОВЕ ПОЕЗДА И ПОЕЗДАМИ С МОТОРНЫМИ ВАГОНАМИ В СОСТАВЕ

Нами были произведены сравнительные тяговые расчёты для двух участков переменного и постоянного тока с различными профилями пути:

1. Медвежья Гора–Новый Посёлок Октябрьской железной дороги с руководящим подъёмом 12,5 тысячных.

2. Кривенковская–Гойтх Северо-Кавказской железной дороги с руководящим подъёмом 18,4 тысячных.

Для тяговых расчётов на соответствующих участках применены характеристики трёхсекционного электровоза переменного тока 3ЭС5К, трёхсекционного электровоза постоянного тока 3ЭС4К и моторвагонного грузового электропоезда (МГЭП) распределённой тяги, тяговые и тормозные характеристики моторных вагонов которого приняты по аналогии с характеристиками электропоезда ЭС1 «Ласточка» на участках переменного и постоянного тока соответственно.

Расчёты производились с учётом следующих допущений:

• массогабаритные параметры прицепных вагонов электропоезда взяты аналогично параметрам фитинговой платформы модели 23–469–07;

• равновеликая масса перевозимого обоими поездами груза;

• полная и максимально допустимая загрузка по мощности энергоустановки поездов;

• в поезде сосредоточенной тяги расположено по одному локомотиву в голове. 7 моторных вагонов МГЭП распределены по поезду равномерно: для состава на участке Кривенковская–Гойтх в соотношении М:П = 1:5, на участке Медвежья Гора–Новый Посёлок в соотношении М:П = 1:9.

В целом, количество прицепных вагонов, приходящихся на один моторный, принимается расчётно, исходя из плана, профиля пути и массы перевозимого груза.

Выбор фитинговых платформ в составе моторвагонного поезда обусловлен актуальностью решения амбициозных задач, поставленных перед железнодорожным транспортом и предусматривающих:

• создание транзитных транспортных коридоров на территории России, связывающих Восток и Запад;

• увеличение в 4 раза объёма контейнерных перевозок;

• установление скорости доставки контейнеров по маршруту Восток–Запад, позволяющей затрачивать на неё не более 7 суток [11, с. 17–18].

Анализ результатов тяговых расчётов показывает:

1. Коэффициент тары поезда локомотивной тяги ниже, чем моторвагонной. При снижении потребности в обмоторенных вагонах (более ровном профиле железнодорожных участков) снижается коэффициент тары модульного грузового электропоезда (МГЭП), который стремится сравняться с величиной коэффициента тары поезда локомотивной тяги.

2. Манёвренность формирования поездов моторвагонной тяги зависит от мощности применяемых на моторных вагонах тяговых двигателей: использование тяговых двигателей повышенной мощности позволяет уменьшить число моторных вагонов в составе электропоездов и, соответственно, снизить капитальные и эксплуатационные затраты.

При снижении удельной мощности электродвигателей, приходящейся на моторный вагон, повышается манёвренность формирования составов для наиболее полного использования мощности. Однако при этом возрастает коэффициент тары поезда, поскольку большее количество вагонов становится обмоторенным. К тому же повышается стоимость технического обслуживания поездов.

Следовательно, при проектировании данного электроподвижного состава необходимо найти оптимальную удельную мощность тяговых двигателей на моторный вагон.

3. Результирующее ускорение при трогании с места в модульном электропоезде выше, чем в поезде с тягой электровоза 2ЭС5К примерно в два раза, силы натяжения в автосцепке моторвагонного поезда ниже примерно в 5,5 раза. При сравнении с поездом, ведомым электровозом 3ЭС5К, – в 2,8 раза и в 8 раз соответственно, с электровозом 4ЭС5К – увеличение ускорения в 2,6 раза, нагрузка на автосцепку ниже в 10,7 раза. Повышение возможности ускорения и замедления грузовых поездов позволит создать резерв повышения пропускной способности железнодорожных линий, особенно на полигонах смешанного грузового и пассажирского движения, где требуются частые остановки грузовых поездов для обгона пассажирскими.

За счёт более чем семикратного снижения нагрузок на автосцепные устройства можно уменьшить нагрузку на раму вагона, сделать вагоны более лёгкими и менее материалоёмкими. Расчёт параметров таких вагонов проводится авторами и будет представлен позднее.

Поезд модульной тяги может иметь фиксированную длину при варьировании мощности его энергетических установок за счёт изменения соотношения прицепных/моторных вагонов в составе. Это позволяет адаптировать его под длину приёмо-отправочных путей различных полигонов обслуживания без дополнительных затрат на развитие их путевой инфраструктуры.

Перевозки грузов модульными электропоездами проявят свою максимальную эффективность в первую очередь на полигонах с нестабильным грузопотоком, а также на участках со сложным профилем пути, где возможны вынужденные остановки и разгон на крутых подъёмах и спусках, на которых применяются подталкивание, двойная тяга.

Регулируя количество моторных вагонов в составе в зависимости от предъявленного к перевозке груза-нетто в текущий момент времени, дежурный грузовой станции формирует состав с наиболее полной загрузкой энергоустановок тяговых единиц, приблизив их КПД к единице. И, наоборот, при недостаточной загрузке вагонов, либо выходе поезда на участок с равнинным профилем после затяжных подъёмов, можно оперативно отключать энергоустановки отдельных моторных вагонов, регулируя тем самым мощность и экономя энергию на тягу поездов.

ВЫВОДЫ

Исходя из задач, стоящих перед российскими железными дорогами, можно говорить фактически о создании новой парадигмы, новой технологии организации транзитных перевозок по территории России. Эта новая технология должна впитать в себя весь поток контейнеризируемых грузов на территории России. Основа этой технологии – контейнерные перевозки с высокими скоростями. Реализация концепции, в которой отдаётся приоритет наращиванию скоростей, не требует дополнительных затрат, обеспечивая, тем не менее, радикальное улучшение эксплуатационных показателей железной дороги [6, с. 72].

Основным технологическим средством для освоения этой технологии является, на наш взгляд, модульная схема поездов, обеспечивающая распределение тяги по составу. Необходимо создание моторвагонных грузовых электропоездов, состоящих из моторных и прицепных грузовых платформ, на которых будут перевозиться стандартные контейнеры или сменные кузова для различных, в том числе, насыпных грузов.

В целом в качестве универсального вывода можно отметить, что в современных реалиях, когда скорость становится экономической категорией, когда необходимо создавать подвижной состав нового поколения (колёсный и на магнитном подвесе) для освоения мировых грузопотоков в рамках международных транспортных коридоров, вопросы внедрения грузовых поездов распределённой тяги вновь становятся крайне актуальными в силу имеющихся у них ощутимых преимуществ перед тяжеловесным длинносоставным движением. Но для реального применения этих преимуществ необходимы детальное технико-экономическое обоснование замены тяжеловесных поездов локомотивной тяги поездами с моторными вагонами, правильная организация и разработка адаптированных к реальным условиям технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров И. К. Модульный состав – экономия энергии // Мир транспорта. – 2013. – № 5. – С. 28–37.

2. Свинцов Е. С., Бушуев Н. С., Немченко Т. М., Романов А. В. Тяговые расчеты при проектировании железных дорог. Учеб. пособие. – СПб.: ПГУПС, 2004. – 62 с.

3. Курбасов А. С. Тяжеловесное движение грузовых поездов на российских железных дорогах: за и против // Наука и транспорт. – 2012. – № 3. – С. 22–29.

4. Larsson-Kråik, Per-Olof. Rail Maintenance Strategies Bases on Grinding, Wear and Lubrication – Swedish Ore Line (Malmbanan). Proc. 8th IHHA Conf. Rio de Janeiro, Brazil, 2005, pp. 17–28.

5. Мугинштейн Л. А. Расчет продольно-динамических сил в грузовых поездах с распределённой тягой // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 2. – С. 12–19.

6. Сотников Е. А., Шапкин И. Н. Эксплуатационная работа на железных дорогах мира (окончание) // Железнодорожный транспорт. – 2009. – № 2. – С. 70–72.

7. Батисс Ф. Моторвагонные поезда – альтернатива локомотивной тяге // Железные дороги мира. – 2002. – № 1. – С. 32–35.

8. Обзор редакции. Распределённая тяга в грузовых поездах // Железные дороги мира. – 2001. – № 5. – С. 39–42.

9. Фогель Х. Вопросы увеличения массы и длины поездов // Железные дороги мира. – 2000. – № 9. – С. 31–35.

10. Dave van der Meulen. Railway globalization and heavy haul. Proceedings of the International Heavy Haul Association Specialist Technical Session, Kiruna, Sweden: International Heavy Haul Association, pp. 329–338.

11. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». – С. 17–18.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-72-81

Freight Electric Multiple-Unit Trains as an Alternative to Locomotive Traction. Comparison and Analysis





Anatoly A. ZAITSEV **Pavel S. TROITSKIY**

Zaytsev, Anatoly A., *Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia.*
Troitskiy, Pavel S., *Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia*.*

ABSTRACT

The advantages of introduction of modular freight electric trains in comparison with freight trains using locomotive traction are described, the main prerequisites for introduction of a distributed multiple-unit freight traction are indicated. The results of comparison of the technology of transportation with traction by locomotive situated at the head of the train and by the train with self-propelled coaches, as well as the analysis of traction calculations of two types of trains are suggested. The international experience of developing freight trains with distributed traction is described.

The main directions of implementation of the concept of accelerating freight transportation on the territory of the Russian Federation are noted. It is concluded that in modern conditions, when speed becomes an economic category, it is necessary to create rolling stock of a new generation (wheel and magnetic suspension), and introduction of freight trains with distributed traction becomes extremely relevant.

Keywords: railway, distributed traction, accelerated freight transportation, multiple-unit freight electric trains, innovative transport, traction calculations.

*Information about the authors:
Zaytsev, Anatoly A. – D.Sc. (Economics), head of the scientific and educational center for innovative development of passenger railway transportation of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia, nozpgups@gmail.com.
Troitskiy, Pavel S. – Ph.D. student of the department of electric traction of Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, St. Petersburg, Russia, paveltroickiy@mail.ru.

Article received 25.01.2019, accepted 18.06.2019.

For the original Russian text of the article please see p. 72.

Introduction. Improving the efficiency of freight transportation is one of the main challenges the railways of the world are meeting. The most discussed solution is to extend the use of heavy long-haul trains.

However, long-haul heavy traffic has several disadvantages and risks:

• breaks of automatic couplers and squeezing of cars in curves when the train is driven through difficult sections;

• generation of large reverse currents caused by high power of electric locomotives used for heavy-haul traffic. This circumstance negatively affects the signaling and communication devices, and causes growth of the cases of burnout of the contact wire when using concentrated current collection [1];

• decrease in the operational efficiency of a power plant of a locomotive while reducing train mass, which tends to zero when the train is idling [2, p. 23];

• heavy locomotive (particularly gas turbine locomotives, multi-unit locomotives) create big concentrated dynamic load destroying railway bridges, tracks and surrounding structures [1, p. 17].

The introduction of freight trains with distributed traction, capable to increase train mass and speed, allows to eliminate these risks.

Besides, it is fundamentally important that the bet made in favour of increasing the train mass in transportation of goods is inevitably associated with additional costs and time, which grow dramatically with the mass of trains from 9 thousand tons and more [1, p. 28]. The raise of the weight of trains of up to 8–10 thousand tons on a massive scale is problematic, since it will require a high-cost, radical modernization of all structures that provide cargo transportation, and concentrated traction (heavy trains) may not provide significant advantages compared to trains with distributed traction with conventional weight norms. The speed of heavy trains will be lower than the speed of ordinary ones, which will lead to a decrease in the transit capacity of sections [3, p. 23].

The main prerequisites for introduction of a distributed multiple unit traction:

• significant increase in operational efficiency of the power plant of the train;

• ability to form the train of any desired capacity by including or excluding additional self-propelled cars;

• improvement of train controllability, increase in acceleration and braking features;

• improved adhesion between wheel and rail;

• reduced destructive impact on a track;

• increased transit capacity of railway lines;

• digitalization of transportation management [4, p. 17].

The modular scheme eliminates the loss of longitudinal stability of the train which happens when braking is done by the lead locomotive, and the locomotive and the front cars brake first, and the middle and tail cars brake with a significant delay [5, p. 14]. Under the action of inertial forces, they «pile on» the locomotive and the front cars, and there is a high probability of rupture of the train and of overturning of wagons.

At the same time, in the non-modular train, recovery of the kinetic energy of a heavy train headed by a leading locomotive cannot be implemented, primarily due to insufficient adhesion force of the locomotive on the railway track. Therefore, the stopping of the traditional freight train is made exclusively by the mechanical braking system of the cars of the train [6, p. 70].

The *objective* of the study is to verify the comparative advantages of freight electric trains with self-propelled cars basing on traction calculations and analysis of operating experience of modular trains in a number of countries.

To achieve this goal, the *methods* of comparative analysis, content analysis of engineering information, special engineering methods for traction calculations for railway transport were used.

Results.

International experience in development of freight trains with distributed traction

Attempts to develop operations of freight trains with distributed traction were undertaken in the mid-1990s and early 2000s in Germany and Japan.

The German freight train CargoSprinter had constant composition, was uncoupled only at the shed for maintenance work and was intended for transportation of containers and interchangeable bodies [7, p. 33]. Adtranz developed variants of such a train with different types of traction drive

(electric, diesel and hybrid diesel-electric) of different capacities (from 1 to 2,5 MW). Thanks to this, the trains of CargoSprinter series could be operated on the alpine lines of a complex plan and profile. It was assumed that they will carry out transportation of goods, eliminating costs of sorting work. For long-haul routes, it was possible to link up to seven CargoSprinter trains into one train or couple them to ordinary freight trains [8, p. 39].

The electrically operated train CargoSprinter based on a traction module located in the middle of the train, which was tightly integrated into the train. Besides, a diesel engine could be additionally installed in the same module in order to move the train along adjacent non-electrified lines. Two terminal cars with control cabins allowed the use of trains on adjacent tracks without replacing the traction unit and additional shunting operations.

The Japanese electric train of M250 series, launched under Super Rail Cargo brand, is a 16-car container electric train with distributed traction: two self-propelled cars are located at each end of the train, besides there are also 12 intermediate self-propelled cars. Self-propelled cars are equipped with a traction drive with converters based on IGBT transistors and asynchronous traction motors with a total power of 16 • 220 = 3520 W. Gross train weight is 730 tons, maximum speed is 130 km/h [8, p. 39].The bogies of cars do not have a pivot beam; spring suspension uses pneumatic cylinders. A small axial load allows to pass the curves without reducing speed. The brake system of the train uses the combination of electrodynamic and friction disc brakes. One thirty-foot container can be installed on motorized cars, and two containers can be fit on trailer ones [9, p. 31].

During test operation of those trains some weaknesses were revealed, and too high cost of transportation was the reason why new trains could not compete with road transport. There were problems with vertical unloading of containers on electrified tracks. According to some authors, there were also certain miscalculations in organization of operation of trains of this type [10, p. 329].

Results of comparison of the technology of transportation of goods with the traction by locomotive in the head of the train and by trains with self-propelled cars in the train

We have conducted comparative traction calculations for two sections powered by AC and DC current with different track profiles:

1. Medvezhia Gora–Noviy Posyolok of October railway (a branch of JSC Russian Railways) with ruling gradient of 0,0125 (12,5 ‰).

2. Krivenkovskaya–Goitkh of North-Caucasian railway (a branch of JSC Russian Railways) with ruling gradient of 0,0184 (18,4 ‰).

To make the calculations regarding relevant sections we used features of three-unit AC electric locomotive 3ES5K, three-unit DC electric locomotive 3ES4K, and of multiple-unit freight electric train (or MFET – for modular freight electric train) with distributed traction (traction and braking features of its self-propelled cars were assumed to be the same as those of electric train ES1 «Lastochka» for respective AC and DC powered sections).

The following assumptions were considered during calculations:

• mass and dimensional parameters of trailer cars of electric train were deemed to be equal to parameters of the fitting platform 23–469–07;

• the weight of carried cargo is equal for both trains;

• full and maximally admissible power load of power plants of the trains;

• train led by locomotive (concentrated traction) has one locomotive at the head of the train; 7 self-propelled cars in MFET are distributed equally along the train; for Krivenkovskaya–Goitkh section the ratio of self-propelled and trailer cars is 1:5, for Medvezhia Gora–Noviy Posyolok 1:9.

The number of trailer cars per 1 motorized (self-propelled) car is calculated according to the track plan, profile, and weight of carried cargo.

The choice to include fitting platforms in the composition of the motor-unit train is determined by the urgency of solving ambitious tasks set for the railway transport and providing for:

• creation of transit transport corridors in the territory of the Russian Federation, connecting East and West;

• 4 times increase in container transportation;



Electric locomotive 3ES5K.

• setting speed of delivery of containers along the East-West route, providing that the delivery will be made in no more than 7 days [11, pp. 17–18].

Analysis of the results of traction calculations shows that:

1. The coefficient of a tare weight of a train with locomotive is lower than that of a multiple-unit train. If the need for self-propelled cars reduces (e.g. in case of a more even profile of railway sections), the coefficient of a tare weight of MFET decreases, tending to equal the value of the coefficient of the tare weight of a train with locomotive traction.

2. The flexibility in formation of multiple-unit trains depends on the power of the traction motors used on motorized cars: the use of traction motors of increased power reduces the number of motorized cars within electric trains and, accordingly, reduces capital and operating costs.

By reducing the specific power of electric motors per motorized car, the flexibility of formation of trains regarding the most complete use of power increases. However, the coefficient of the tare weight of a train increases as there are more motorized cars. Besides, the cost of train maintenance increases.

Consequently, when designing the considered electric rolling stock, it is necessary to find the optimum specific power of the traction motors per motorized car.

3. The resulting acceleration at starting is about 2 times higher for a modular electric train, and the tension force in the automatic coupling of the multiple-unit train is about 5,5 times lower as compared to a train with 2ES5K electric locomotive. When comparing with a train driven by electric locomotive 3ES5K the same figures are respectively 2,8 and 8; when comparing with electric locomotive 4ES5K – 2,6 and 10,7. The increase in acceleration and braking features of freight trains will allow to enhance transit capacity of railroads, particularly at the rail network sections used for mixed passenger and freight transportation, where cargo trains frequently stop to let passenger trains pass.

Thanks to more than a sevenfold reduction of loads on automatic coupling devices, it is possible

to reduce the load on the frame of the car, to make the cars lighter and less material intensive. Calculations of the parameters of such cars is now made by the authors and will be later suggested.

A modular traction train may have a fixed length as the power of its power plants will be varied by changing the ratio of trailer/motorized cars in the train. This allows to adapt it to the length of the receiving and departure tracks of various rail networks serviced by those trains without additional costs of developing their track infrastructure.

Transportation of goods by modular electric trains will manifest its maximum efficiency primarily on landfills with unstable cargo traffic, as well as in areas with a complex profile of the track, where forced stopping and acceleration on steep ascents and descents are possible (and where pushing and double traction are applied).

By adjusting the number of motorized cars in the train depending on the net freight to be transported at the current time, the duty station officer of the freight station forms a train with the most complete load of power plants of traction units, bringing their operation efficiency closer to one. And, on the contrary, if there is insufficient loading of the cars, or the train leaves the section with a flat profile after passing long climbing sections, it is possible to promptly turn off the power plants of individual motorized cars, thereby regulating power and saving energy for train traction.

Conclusions. On the basis of the tasks that the Russian railways face now, one can actually talk about creation of a new paradigm, a new technology for organizing transit transportation within the territory of Russia. This new technology should absorb the entire flow of containerized cargo in Russia. The basis of this technology is container transportation at high speeds. The implementation of the concept, in which priority is given to increasing the speed, does not require additional costs, providing, however, a radical improvement in the operational performance of the railway [6, p. 72].

The main technological tool for development of this technology is, in our opinion, a modular train scheme that provides distribution of traction within a train. It is necessary to create multiple-unit freight trains consisting of motorized and trailer cargo platforms that will transport standard containers or interchangeable bodies for various cargoes, including bulk cargoes.

In general, as a universal conclusion, it can be noted that in modern realities, when speed becomes an economic category, when it is necessary to create rolling stock of a new generation (wheeled and magnetically suspended) for mastering world freight flows within international transport corridors, issues of implementation of freight trains of distributed traction are again becoming extremely relevant due to their tangible advantages over heavy long-length trains. But to implement those advantages, it is necessary to specify technically and economically the replacement of locomotive-led heavy-haul trains by multiple-unit trains, to correctly develop technology that will be adapted to real conditions.

REFERENCES

1. Alexandrov, I. K. Modular Train: Energy Saving. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 5, pp. 28–37.

2. Svintsov, E. S., Bushuev, N. S., Nemchenko, T. M., Romanov, A. V. Traction calculations in design of railways. Study guide [*Tyagovie raschety pri proektirovanii zheleznykh dorog. Uchebnoe posobie*]. St. Petersburg, PGUPS publ., 2004, 62 p.

3. Kurbasov, A. S. Heavy traffic of freight trains on the Russian railways: pro and contra [*Tyazhelovesnoe dvizhenie gruzovykh poezdov na rossiiskikh zheleznykh dorogakh: za i protiv*]. *Nauka i transport*, 2012, Iss. 3, pp. 22–29.

4. Larsson-Kråik, Per-Olof. Rail Maintenance Strategies Bases on Grinding, Wear and Lubrication – Swedish Ore Line (Malmbanan). Proc. 8th IHHA Conf. Rio de Janeiro, Brazil, 2005, pp. 17–28.

5. Muginstein, L. A. Calculation of longitudinal dynamic forces in freight trains with distributed traction [*Raschet prodolno-dinamicheskikh sil v gruzovykh poezdakh s raspredelennoi tyagoi*]. *Zheleznodorozhny transport*, 2009, Iss. 2, pp. 12–19.

6. Sotnikov, E. A., Shapkin, I. N. Operational work on the railways of the world (conclusion) [*Ekspluatatsionnaya rabota na zheleznykh dorogakh mira (okonchanie)*]. *Zheleznodorozhny transport*, 2009, Iss. 2, pp. 70–72.

7. Batisse, F. Multiple-unit trains – an alternative to locomotive traction [*Motorvagonnie poezda – alternativa lokomotivnoi tyage*]. *Zheleznie dorogi mira*, 2002, Iss. 1, pp. 32–35.

8. Distributed traction in freight trains. Editorial Review. [*Obzor redaktsii. Raspredelennaya tyaga v gruzovykh poezdakh*]. *Zheleznie dorogi mira*, 2001, Iss. 5, pp. 39–42.

9. Vogel, H. Questions of increasing mass and length of trains [*Voprosy uvechileniya massy i dliny poezdov*]. *Zheleznie dorogi mira*, 2000, Iss. 9, pp. 31–35.

10. Meulen, Dave van der. Railway globalization and heavy haul. Proceedings of the International Heavy Haul Association Specialist Technical Session, Kiruna, Sweden: International Heavy Haul Association, pp. 329–338.

11. Decree of the President of the Russian Federation of 07.05.2018 No. 204 «On national goals and strategic objectives of development of the Russian Federation for the period up to 2024» [*Ukaz Presidenta Rossiiskoi Federatsii ot 07.05.2018 No. 204 «O natsionalnykh tselyakh i strategicheskikh zadachakh razvitiya Rossiiskoi Federatsii na period 2024 goda»*].

УДК 629.4.064.5
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-82-87

Инертно-ёмкостной накопитель энергии для маневрового тепловоза



Попов Игорь Павлович *– Курганский государственный университет, Курган, Россия*.*

Игорь ПОПОВ

Относительно частая смена режима работы маневрового тепловоза обусловливает эффективность и целесообразность оснащения его накопителем энергии. Помимо сглаживания нагрузки на силовую установку накопитель позволит рекуперировать энергию при торможении, за счёт чего возрастёт энергоэффективность маневрового тепловоза. Эта тема довольно часто и активно обсуждается на страницах журнала «Мир транспорта», что свидетельствует об актуальности проблемы.

Представлены теоретические предпосылки создания инертно-ёмкостного накопителя энергии, который технически выполнен в виде машины постоянного тока с супермаховиком и делает возможным сгладить нагрузку на силовую установку, за счёт этого снизить её мощность и массогабариты. Увеличение массы за счёт накопителя энергии может компенсироваться снижением массы двигательной установки. Ещё более выгодным преимуществом тепловоза является наличие электромеханической трансмиссии, что минимизирует разработку для него рассмотренного инертно-ёмкостного накопителя. В статье приводятся исходные расчёты и схемы.

Ключевые слова: *железные дороги, маневровый тепловоз, накопитель, супермаховик, силовая установка, энергоэффективность, рекуперация.*

---

*Информация об авторе:
Попов Игорь Павлович – старший преподаватель кафедры технологии машиностроения, металлорежущих станков и инструментов Курганского государственного университета, Курган, Россия, ip.popow@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 12.02.2019, актуализирована 24.04.2019, принята к публикации 25.04.2019.

For the English text of the article please see p. 85.

Расчётная мощность силовой установки маневрового тепловоза определяется его пиковой нагрузкой, которая приходится на него, в первую очередь, при трогании поезда с места. Очевидно, что бо́льшую часть времени силовая установка работает в недогруженном режиме. Относительно частая смена режима работы маневрового тепловоза обусловливает эффективность и целесообразность оснащения его накопителем энергии [1, 2]. Использование накопителя энергии позволит сгладить нагрузку на силовую установку и за счёт этого снизить её мощность и массогабариты.

Помимо сглаживания нагрузки на силовую установку накопитель позволит рекуперировать энергию при торможении, за счёт чего возрастёт энергоэффективность маневрового тепловоза [3, 4].

Таким образом, *целью* исследования является обоснование оснащения маневрового локомотива инертно-ёмкостным накопителем энергии. Используются общенаучные и математические *методы*, электротехнические расчёты.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ИНЕРТНО-ЁМКОСТНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ

В качестве такого накопителя можно рассматривать машину постоянного тока [5, 6] с супермаховиком. Для снижения потерь маховик может быть помещён в вакуумированный кожух. При этом проблемы, связанные с работой машины постоянного тока в вакууме, вполне разрешимы [7].

Подача на якорную обмотку постоянного напряжения U инициирует следующие механический [8, 9] и электрический [10, 11] процессы:

$$\begin{cases} J\dfrac{d^2\varphi}{dt^2}+k\dfrac{d\varphi}{dt}=B2lw\dfrac{D}{2}i; \\ B2lw\dfrac{D}{2}\dfrac{d\varphi}{dt}+Ri=U, \end{cases} \quad (1)$$

где J – суммарный момент инерции; k – коэффициент трения; B – магнитная индукция; $2l$ – активная длина проводника; w – количество витков; D – эффективный диаметр ротора; R – электрическое сопротивление. Указанные уравнения справедливы при следующих допущениях: сила трения пропорциональна скорости вращения и электрическое сопротивление не зависит от тока.

Можно ввести параметрический коэффициент:

$$BlwD = Y. \quad (2)$$

Пусть начальные условия:

$$\varphi(0) = \varphi_0,$$

$$\frac{d\varphi}{dt}(0)=\omega_0. \quad (3)$$

Из уравнения электрического равновесия следует:

$$\frac{d\varphi}{dt}=-\frac{R}{Y}i+\frac{U}{Y}, \quad (4)$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=-\frac{R}{Y}\frac{di}{dt}.$$

Подстановка в первое уравнение системы даёт:

$$-\frac{JR}{Y}\frac{di}{dt}-\frac{kR}{Y}i+\frac{kU}{Y}=Yi,$$

$$\frac{di}{dt}+\left(\frac{Y^2}{JR}+\frac{k}{J}\right)i=\frac{k}{J}\frac{U}{R}.$$

Пусть:

$$\frac{Y^2}{JR}+\frac{k}{J}=A,$$

$$\frac{k}{J}\frac{U}{R}=B.$$

Тогда:

$$\frac{di}{dt}+Ai=B. \quad (5)$$

Общим решением является:

$$i_1 = C_1e^{-At}.$$

Частным:

$$i_2 = C_2.$$

Подстановка его в формулу (5) даёт:

$$0 + AC_2 = B,$$

$$C_2=\frac{B}{A}.$$

Искомый ток равен:

$$i=i_1+i_2=C_1e^{-At}+\frac{B}{A}. \quad (6)$$

С учётом (3) и (4):

$$i(0)=\frac{U}{R}-\frac{Y\omega_0}{R}.$$

С учётом (6):

$$C_1=\frac{U}{R}-\frac{Y\omega_0}{R}-\frac{B}{A}.$$

$$i=\left(\frac{U}{R}-\frac{Y\omega_0}{R}-\frac{B}{A}\right)e^{-At}+\frac{B}{A}.$$

$$i=\left(\frac{U-Y\omega_0}{R}-\frac{U}{Y^2/k+R}\right)e^{-t/\tau}+\frac{U}{Y^2/k+R}= \quad (7)$$

$$=\left(\frac{U-E_0}{R}-\frac{U}{R_k+R}\right)e^{-t/\tau}+\frac{U}{R_k+R},$$

где $E_0 = Y\omega_0$.

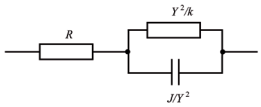


Рис. 1. Электрическая схема инертно-ёмкостного накопителя.

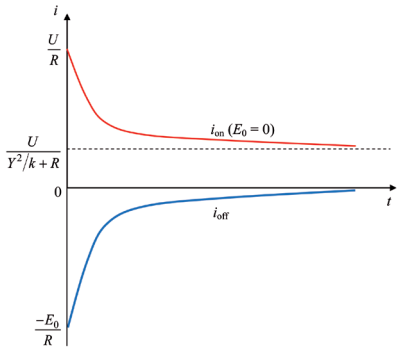


Рис. 2. Характер тока при зарядке и разрядке инертно-ёмкостного накопителя.

$$\frac{1}{\tau}=\frac{1}{R\ \ J/Y^2}+\frac{1}{J/k}=\frac{1}{R\ \ J/Y^2}+\frac{1}{\left(J/Y^2\right)\left(Y^2/k\right)}= \tag{8}$$

$$=\frac{1}{RC_J}+\frac{1}{R_kC_J}=\frac{1}{\tau_e}+\frac{1}{\tau_m}.$$

При $k=0$ $R_k=\infty$:

$$i=\frac{U-E_0}{R}e^{-t/\tau}, \tag{9}$$

$$\tau=\frac{RJ}{Y^2}=RC_J. \tag{10}$$

Формулы (9) и (10) неотличимы от формул, описывающих заряд конденсатора.

При замыкании накоротко клемм якорной обмотки:

$$i=\frac{-E_0}{R}e^{-t/\tau}.$$

Эта формула неотличима от формулы, описывающей разряд конденсатора.

Выражения (7)–(10) свидетельствуют о ёмкостном характере рассматриваемого накопителя мощности.

Ёмкость накопителя равна:

$$C_J=\frac{J}{Y^2}.$$

Электромеханическое сопротивление:

$$R_k=\frac{Y^2}{k}.$$

Запасаемая накопителем энергия равна:

$$W=\frac{C_JU^2}{2}=\frac{JU^2}{2Y^2}=\frac{J\omega^2}{2}. \tag{11}$$

На рис. 1 изображена электрическая схема инертно-ёмкостного накопителя, на рис. 2 – характер тока при его зарядке и разрядке.

ВЫВОДЫ

В настоящее время созданы высокоэффективные супермаховики, и даже рассматривается возможность применения их на автомобилях [12–14]. Очевидно, что использование маховика, да ещё оснащённого достаточно массивной машиной постоянного тока, на маневровом тепловозе значительно менее проблематично в силу существенно менее жёстких требований к общей массе. При этом увеличение массы за счёт накопителя энергии может компенсироваться снижением массы двигательной установки. Ещё более выгодным преимуществом тепловоза является наличие электромеханической трансмиссии, что минимизирует разработку для него рассмотренного инертно-ёмкостного накопителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Незевак В. Л., Шатохин А. П. Характеристика тяговой нагрузки для определения параметров накопителя электрической энергии // Мир транспорта. – 2018. – № 2. – С. 84–94.

2. Милованова Е. А., Милованов А. А., Милованов А. И. Резервирование в тяговом приводе локомотива // Мир транспорта. – 2015. – № 5. – С. 86–98.

3. Черемисин В. Т., Никифоров М. М., Вильгельм А. С. Методика оценки использования энергии рекуперации // Мир транспорта. – 2018. – № 1. – С. 34–45.

4. Веселов П. А. Энергия рекуперативного торможения: копить или обмениваться? // Мир транспорта. – 2017. – № 5. – С. 76–84.

5. Калугин С. П., Беляев А. С. Тяговые электродвигатели для гибридных и электрохимических локомотивов // Мир транспорта. – 2015. – № 6. – С. 50–61.

6. Калугин С. П. Экономический выбор параметров силовой установки гибридных локомотивов // Мир транспорта. – 2015. – № 4. – С. 126–136.

7. Дроздов Б. В., Терентьев Ю. А. Перспективы вакуумного магнитолевитационного транспорта // Мир транспорта. – 2017. – № 1. – С. 90–99.

8. Попов И. П. Роторно-реактивный движитель // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2018. – № 4. – С. 24–26.

9. Попов И. П. Механические аналоги реактивной мощности // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. – 2015. – № 3(30). – С. 37–39.

10. Попов И. П. Комбинированные векторы и магнитный заряд // Прикладная физика и математика. – 2018. – № 6. – С. 12–20.

11. Попов И. П. Ёмкостно-инертное устройство // Известия Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». – 2015. – Том 2. – С. 43–45.

12. Гавриленко Н. Г. Особенности циклического развития автомобилестроения // Мир транспорта. – 2017. – № 3. – С. 6–15.

13. Огородников С. М., Малеев С. И. Эксперимент и теория: распределения характеристик движения автомобиля // Мир транспорта. – 2017. – № 4. – С. 20–33.

14. Демидов Д. В., Кучкаров В. В. О разрыве потока мощности в трансмиссии легковых автомобилей // Мир транспорта. – 2017. – № 6. – С. 80–87.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-82-87

Inertial Capacitive Energy Storage Device for a Shunting Diesel Locomotive



Popov, Igor P., *Kurgan State University, Kurgan, Russia.*

Igor P. POPOV

ABSTRACT

The relatively frequent change in the operating mode of a shunting diesel locomotive determines efficiency and feasibility of equipping it with an energy storage device. In addition to smoothing the load on the power plant, the energy storage device will allow to regenerate energy during braking, thereby increasing energy efficiency of a shunting diesel locomotive. This topic is frequently discussed in World of Transport and Transportation Journal, that is the evidence of its timeliness.

The theoretical background for developing an inertial capacitive energy storage device, which is technically designed as a DC machine with a super flywheel that makes it possible to smooth the load on the power plant, thereby reducing its power and mass and dimensions, is presented. The increase in mass thanks to the energy storage device can be compensated by a decrease in the mass of the engine. As the diesel locomotive is equipped with electromechanical transmission, then it minimizes the framework of development for it of a considered inertial capacitive drive, making it even more advantageous. The article provides initial calculations and circuits.

Keywords: railways, shunting diesel locomotive, engine, super-flywheel, power plant, energy efficiency, recovery, regeneration, energy storage device.

*Information about the author:
Popov, Igor P. – senior lecturer at the department of Mechanical engineering, metal-cutting machines and tools of Kurgan State University, Kurgan, Russia, popow@yandex.ru.

Article received 12.02.2019, revised 24.04.2019, accepted 25.04.2019.

For the original Russian text please see p. 82.

Background. The estimated capacity of a power plant of a shunting diesel locomotive is determined by its peak load, which occurs, first of all, when pulling a train off. Obviously, most of the time the power plant works in an underloaded mode. A relatively frequent change in the operating mode of a shunting diesel locomotive determines efficiency and feasibility of equipping it with an energy storage device [1, 2]. The use of energy storage device will allow to smooth the load on the power plant and to thereby reduce its power, mass and dimensions.

In addition to smoothing the load on the power plant, the drive will allow to regenerate energy during braking, thereby increasing energy efficiency of a shunting diesel locomotive [3, 4].

So, the *objective* of the research was to substantiate equipping of shunting diesel locomotives with an inertial capacitive energy storage device. The general scientific, mathematic and engineering *methods*, as well as the electrical engineering calculations have been used for the study.

Results.

Theoretical prerequisites for creation of an inertial capacitive energy storage device

A DC machine [5, 6] with a super-flywheel can be considered as such an energy storage device. To reduce losses, a flywheel can be placed in an evacuated housing. The problems associated with operation of a DC machine in vacuum are completely solvable [7].

The supply of a constant voltage U to the armature winding initiates the following mechanical [8, 9] and electrical [10, 11] processes:

$$\begin{cases} J\dfrac{d^2\varphi}{dt^2}+k\dfrac{d\varphi}{dt}=B2lw\dfrac{D}{2}i; \\ B2lw\dfrac{D}{2}\dfrac{d\varphi}{dt}+Ri=U, \end{cases} \quad (1)$$

where J – total moment of inertia; k – friction coefficient; B – magnetic induction; $2l$ – active conductor length; w – number of turns of the coil; D – effective diameter of a rotor; R – electrical resistance. These equations are valid under the following assumptions: friction force is proportional to speed of rotation, and electrical resistance does not depend on current.

It is possible to enter a parametric coefficient:

$$BlwD = Y. \quad (2)$$

Let the initial conditions be:

$$\varphi(0)=\varphi_0,$$
$$\frac{d\varphi}{dt}(0)=\omega_0. \quad (3)$$

Following the equation of electric equilibrium:

$$\frac{d\varphi}{dt}=-\frac{R}{Y}i+\frac{U}{Y}, \quad (4)$$
$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=-\frac{R}{Y}\frac{di}{dt}.$$

Substitution into the first equation of the system gives:

$$-\frac{JR}{Y}\frac{di}{dt}-\frac{kR}{Y}i+\frac{kU}{Y}=Yi,$$
$$\frac{di}{dt}+\left(\frac{Y^2}{JR}+\frac{k}{J}\right)i=\frac{k}{J}\frac{U}{R}.$$

Let:

$$\frac{Y^2}{JR}+\frac{k}{J}=A,$$
$$\frac{k}{J}\frac{U}{R}=B.$$

Then:

$$\frac{di}{dt}+Ai=B. \quad (5)$$

The overall solution is:

$$i_1=C_1e^{-At}.$$

The particular solution is:

$$i_2=C_2.$$

Substituting it into the formula (5) gives:

$$0+AC_2=B,$$
$$C_2=\frac{B}{A}.$$

The current sought is equal to:

$$i=i_1+i_2=C_1e^{-At}+\frac{B}{A}. \quad (6)$$

Considering (3) and (4) we get:

$$i(0)=\frac{U}{R}-\frac{Y\omega_0}{R}.$$

With account of (6) we get:

$$C_1=\frac{U}{R}-\frac{Y\omega_0}{R}-\frac{B}{A}.$$
$$i=\left(\frac{U}{R}-\frac{Y\omega_0}{R}-\frac{B}{A}\right)e^{-At}+\frac{B}{A}.$$
$$i=\left(\frac{U-Y\omega_0}{R}-\frac{U}{Y^2/k+R}\right)e^{-t/\tau}+\frac{U}{Y^2/k+R}= \quad (7)$$
$$=\left(\frac{U-E_0}{R}-\frac{U}{R_k+R}\right)e^{-t/\tau}+\frac{U}{R_k+R},$$

where $E_0=Y\omega_0$.

$$\frac{1}{\tau}=\frac{1}{R}\frac{J/Y^2}{}+\frac{1}{J/k}=\frac{1}{R}\frac{J/Y^2}{}+\frac{1}{\left(J/Y^2\right)\left(Y^2/k\right)}= \quad (8)$$
$$=\frac{1}{RC_J}+\frac{1}{R_kC_J}=\frac{1}{\tau_e}+\frac{1}{\tau_m}.$$

When $k=0$ $R_k=\infty$:

$$i=\frac{U-E_0}{R}e^{-t/\tau}, \quad (9)$$

$$\tau=\frac{RJ}{Y^2}=RC_J. \quad (10)$$

Formulas (9) and (10) are indistinguishable from formulas describing the charge of a capacitor.

When shorting the anchor winding terminals:

$$i = \frac{-E_0}{R} e^{-t/\tau}.$$

This formula is indistinguishable from the formula describing the discharge of a capacitor.

Expressions (7)–(10) indicate the capacitive nature of the considered power storage device.

The storage device capacity is equal to:

$$C_J = \frac{J}{Y^2}.$$

Electromechanical resistance is:

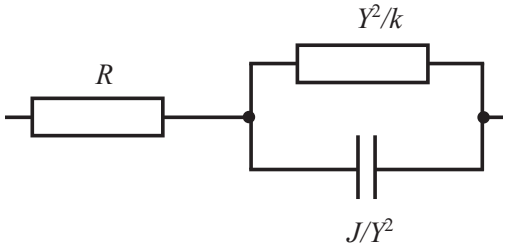
$$R_k = \frac{Y^2}{k}.$$

The energy stored by the device is equal to:

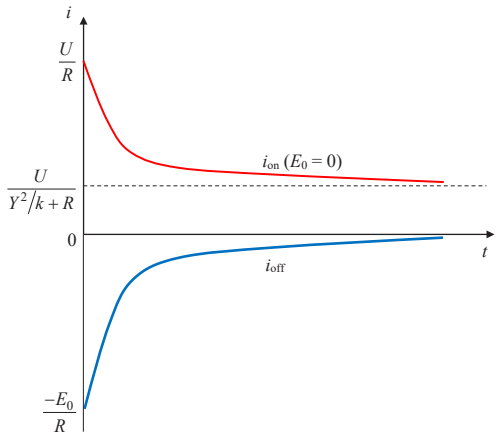
$$W = \frac{C_J U^2}{2} = \frac{JU^2}{2Y^2} = \frac{J\omega^2}{2}. \qquad (11)$$

Pic. 1 shows the electrical circuit of an inertial capacitive energy storage device, Pic. 2 shows the characteristics of the electric current at charging and discharging.

Conclusions. Currently, high-performance super-flywheels have been created, and a possibility of using them on automobiles is being considered [12–14]. It is obvious that the use of a flywheel, particularly equipped with a fairly massive DC machine, on a shunting diesel locomotive is much less problematic due to the significantly less stringent requirements for the total mass. The increase in mass due to the energy storage device can be compensated by a decrease in the mass of the engine. Diesel locomotives possess an advantage as they have electromechanical transmission, that fact minimizes process of development of the considered inertial capacitive energy storage device.



Pic. 1. Electrical circuit of the inertial capacitive energy storage device.



Pic. 2. The characteristics of the electric current at charging and discharging phases of an inertial capacitive energy storage device.

REFERENCES

1. Nezevak, V. L., Shatokhin, A. P. Features of the Traction Load for Determining the Parameters of the Electric Energy Storage Device. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 2, pp. 84–94.

2. Milovanova, E. A., Milovanov, A. A., Milovanov, A. I. Redundant Locomotive Traction Drive. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 5, pp. 86–98.

3. Cheremisin, V. T., Nikiforov, M. M., Wilhelm, A. S. Method for Estimating the Use of Regenerative Energy. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 1, pp. 34–45.

4. Veselov, P. A. Regenerative Braking Energy: to Store or to Eexchange? *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 5, pp. 76–84.

5. Kalugin, S. P., Belyaev, A. S. Traction Electric Motors for Hybrid and Electro-Chemical Locomotives. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 6, pp. 50–61.

6. Kalugin, S. P. Economic Choice of Parameters of Hybrid Locomotives' Power Plant. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 4, pp. 126–136.

7. Drozdov, B. V., Terentiev, Yu. A. Prospects for Vacuum Magnetic-Levitation Transport. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 1, pp. 90–99.

8. Popov, I. P. The rotor-jet propulsion [*Rotorno-reaktivniy dvizhitel*]. *Oboronniy kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii*, 2018, Iss. 4, pp. 24–26.

9. Popov, I. P. Mechanical analogues of reactive power [*Mekhanicheskie analogi reaktivnoi moshcnosti*]. *Vestnik Permskogo universiteta. Matematika. Mekhanika. Informatika*, 2015, Iss. 3(30), pp. 37–39.

10. Popov, I. P. Combined vectors and magnetic charge [*Kombinirovannie vektory i magnitniy zaryad*]. *Prikladnaya fizika i matematika*, 2018, Iss. 6, pp. 12–20.

11. Popov, I. P. Capacity inertial device [*Emkostno-inertnoe ustroistvo*]. *Izvestiya Sankt-Peterburskogo gosudarstvennogo elektrotekhnicheskogo universiteta LETI*, 2015, Vol. 2, pp. 43–45.

12. Gavrilenko, N. G. Features of Cyclical Development of Automotive Industry. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 3, pp. 6–15.

13. Ogorodnov, S. M., Maleev, S. I. Experiment and Theory: Distribution of Characteristics of Car Motion. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 4, pp. 20–33.

14. Demidov, D. V., Kuchkarov, V. V. On the Interruption in Torque Delivery of Passenger Cars. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 6, pp. 80–87.

УДК 624.072.2.04:517
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-88-98

Модальный анализ круглых симметрических пластин с помощью обобщённого метода конечных разностей



Алаа Эльдин Мансур *— Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Александрия, Арабская Республика Египет*.*

Алаа Эльдин МАНСУР

В настоящей работе рассматривается разработанная упрощённая процедура (процедура полярных доменов) модального анализа круглых пластин на основе использования обобщённого (модернизированного) метода конечных разностей (далее – МКР).

Как правило, круглые пластины широко используются во множестве современных гражданских и промышленных сооружений, в проектировании машин и для многих других целей. Они формируют широкий спектр элементов: от тележек вагонов, поршней двигателей, амортизаторов и вплоть до плит перекрытия и крыш над зданиями, железнодорожными станциями и другими транспортными объектами круглой формы.

В настоящее время МКР является ведущим методом численных решений уравнений в частных производных (далее – УрЧП), не менее используемым, чем метод конечных элементов (далее – МКЭ). Это широко известный метод математической дискретизации, который экономичен с точки зрения производства вычислений и прост для написания программ, менее требователен к доступным инструментам вычислений и их мощности. Это объясняется тем, что он основан на замене каждой производной алгебраическими разностными отношениями при классической постановке задачи. В некотором смысле конечно-разностная формулировка даёт возможность более прямого подхода к численному решению УрЧП, которым не обладает даже МКЭ, особенно в задачах с доменами полярных координат, учитывая криволинейные размеры.

Обобщённый подход в рамках МКР учитывает многие параметры, которые не рассматриваются при классическом подходе. Как следствие, использование классического подхода оказывает негативное влияние на точность (сходимость к точным значениям решения) и среднее значение распределения результатов, что корректируется обобщённым методом.

Ключевые слова: модальный анализ, обобщённый метод конечных разностей, численный метод (-ы), собственная модель, прикладная математика, круглая пластина (-ы).

---

*Информация об авторе:
Алаа Эльдин Мансур – аспирант кафедры строительной и теоретической механики Национального исследовательского Московского государственного строительного университета, Москва, Россия / Александрия, Арабская Республика Египет, Alaa_for_all@hotmail.com.

Статья поступила в редакцию 13.03.2019, принята к публикации 10.06.2019.

For the English text of the article please see p. 94.

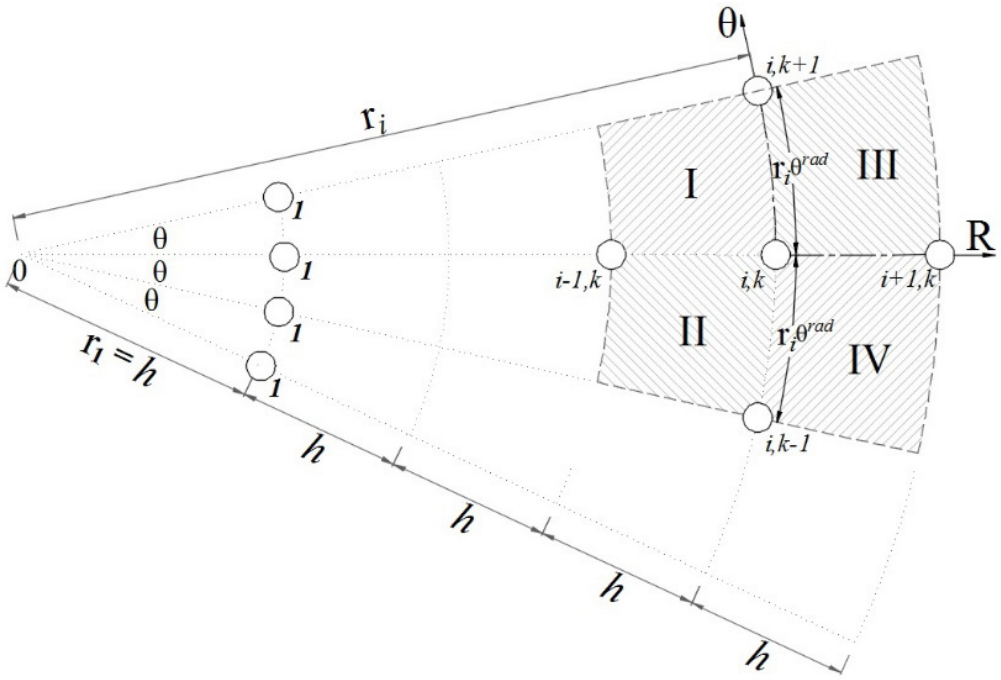


Рис. 1. Сектор пластины: показано размещение различных узлов, для которых проводятся расчёты.

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПЛАСТИНЫ [2, с. 1–8, 3, с. 787–810, 4, с. 89–110]

Незатухающие свободные изгибные колебания круглых пластин являются в основном краевыми задачами дифференциальной математической физики, поскольку решение в случае свободно колеблющихся пластин сводится к однородным дифференциальным уравнениям вида:

$$D\nabla_r^2\nabla_r^2 w(R,\theta,\tau) + \overline{m}\bullet\frac{\partial^2 w(R,\theta,\tau)}{\partial\tau^2} = p_z^* . \qquad (1)$$

В большинстве случаев с круглыми пластинами (особенно симметричного строения) влияние вращательных сил инерции (P_z^*) игнорируется. Мы можем исследовать решение уравнения (1) в форме:

$$D\nabla_r^2\nabla_r^2 w(R,\theta,\tau) = -\overline{m}\bullet\frac{\partial^2 w(R,\theta,\tau)}{\partial\tau^2} .$$

В этом случае решение уравнения ($D\nabla_r^4 W(R,\theta) = 0$), являющегося однородным бигармоническим, может быть логически обобщено так, что:

$$D\nabla_r^2\nabla_r^2 W(R,\theta) - \lambda\bullet W(R,\theta) = 0 , \qquad (2)$$

где $\lambda_n = \frac{\overline{m}\bullet\omega_i^2}{D}$ — значение собственных векторов для каждого (n).

Как правило, уравнение (2) представляет собой характеристическое уравнение, которое описывает свободно колеблющуюся круглую пластину, в которой каждый модальный вектор (λ) соответствует соответствующей собственной частоте (ω_n).

ЧИСЛЕННАЯ АППРОКСИМАЦИЯ БИГАРМОНИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ОБОБЩЁННОГО МКР

Используя бигармонический оператор Лапласа, который построен в полярной системе координат в виде [1, с. 51; 6, с. 23–27]:

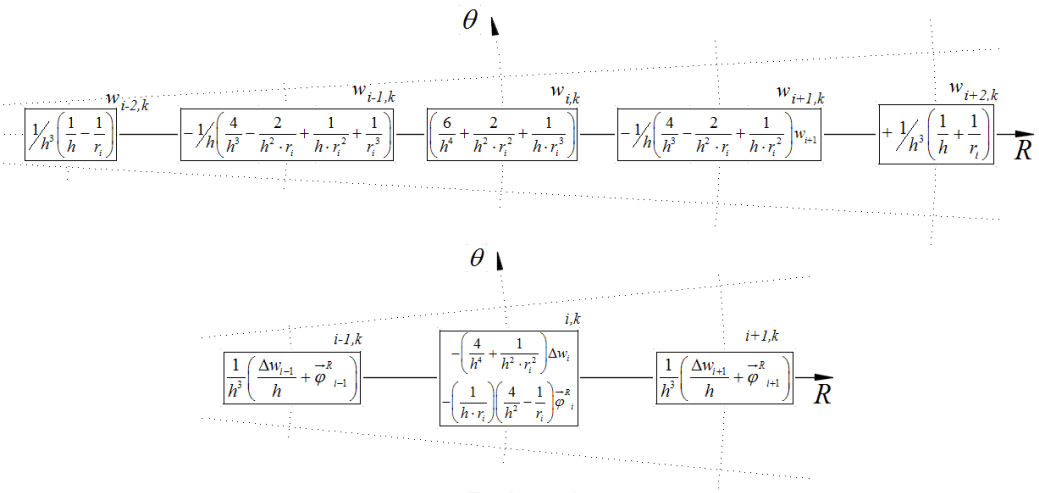
$$\nabla^2\nabla^2 w = \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2 w}{\partial\theta^2}\right)\bullet$$

$$\bullet\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\cdot\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\cdot\frac{\partial^2 w}{\partial\theta^2}\right),$$

согласно [1, с. 51; 5, с. 119–120] для симметричных тонких круглых пластин, предыдущий оператор можно упростить так, что:

$$\nabla^2\nabla^2 w = \frac{\partial^4 w}{\partial r_i^4} + \frac{2}{r_i}\bullet\frac{\partial^3 w}{\partial r^3} - \frac{1}{r_i^2}\bullet\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r_i^3}\bullet\frac{\partial w}{\partial r}.$$

Предлагаемая численная аппроксимация для решения бигармонического уравнения для каждого узла в сетке области



Трафарет 1

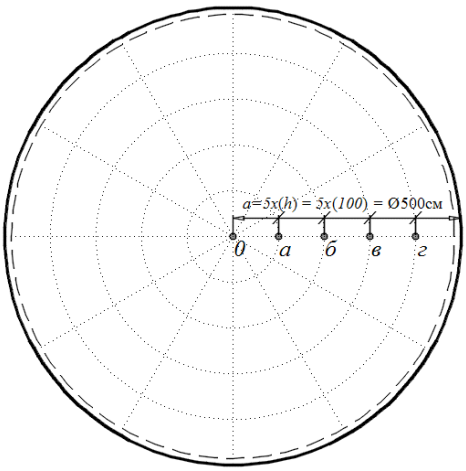


Рис. 2. Сетчатая пластина, поддерживаемая по периметру шарнирами.

интегрирования может быть классифицирована по его положению так, что:

а) Для промежуточного узла аппроксимация принимает вид:

$$\frac{1}{h^3}\left(\frac{1}{h}-\frac{1}{r_i}\right)w_{i-2}-\frac{1}{h}\left(\frac{4}{h^3}-\frac{2}{h^2\bullet r_i}+\frac{1}{h\bullet r_i^2}+\frac{1}{r_i^3}\right)w_{i-1}-$$
$$-\left(\frac{4}{h^4}+\frac{1}{h^2\bullet r_i^2}\right)\Delta w_i+\left(\frac{6}{h^4}+\frac{2}{h^2\bullet r_i^2}+\frac{1}{h\bullet r_i^3}\right)w_i- \quad (3)$$
$$-\frac{1}{h}\left(\frac{4}{h^3}-\frac{2}{h^2\bullet r_i}+\frac{1}{h\bullet r_i^2}\right)w_{i+1}+\frac{1}{h^3}\left(\frac{1}{h}+\frac{1}{r_i}\right)w_{i+2}+$$
$$+\frac{\Delta w_{i-1}+\Delta w_{i+1}}{h^4}+\frac{\vec{\varphi}^R_{i-1}+\vec{\varphi}^R_{i+1}}{h^3}-\left(\frac{1}{h\bullet r_i}\right)\left(\frac{4}{h^2}-\frac{1}{r_i}\right)\vec{\varphi}^R_i=\boxed{\lambda\bullet w_{i,k}}.$$

Это может быть изображено с помощью трафарета следующим образом (Трафарет 1).

б) Для узлов, расположенных поблизости от центра полярной сетки, аппроксимация будет иметь вид:

$$\nabla^2\nabla^2 w_1=\frac{1}{h^4}\left[(-3)w_0+(7{,}125)w_1-(6)w_{n+1}+(1{,}875)w_{2n+1}\right]=\boxed{\lambda\bullet w_1}. \quad (4)$$

в) Для центральных узлов аппроксимация принимает форму:

$$\nabla^2\nabla^2 w_0=\frac{1}{h^4}\left[18w_0-24w_1+6w_2\right]=\boxed{\lambda\bullet w_0}. \quad (5)$$

г) Граничные условия рассматриваются как стандартные, так же, как в классическом МКР.

ПРОЦЕДУРА ОЦЕНКИ

• Предполагается, что каждый рассчитываемый узел в области должен быть интегрирован таким образом, который соответствует его положению, как описано в предыдущем разделе.

Таблица 1

Сравнительная таблица результатов

n	Собственные значения (ω_n) в Гц		
	Модернизированный МКР	Аналитическое решение [7, с. 233–234]	МКЭ
0	1,227	1,3990	0.98
1	1,932	1,7392	2.07
2	3,658	3,6176	3.31
3	5,288	5,2469	5.11
4	7,541	7,5795	7.83
Ошибка, %	4,92 %	12,22 %	

Таблица 2

Обозначения

$w_{i,k}$	Значение отклонения (w) в точке-узле – ординаты (i) на оси R и ординаты (k) на оси θ
ω_n	n собственное колебание пластины
$\frac{d^* u}{dR^*} = u^{*(\prime)} = \partial^* U = \nabla_r^*$	Производная функции (U) от степени (*) по оси (R)
$\Delta W_j^{(\to R)}$	Разница в значениях отклонения до и после узла (J) вдоль оси R
$\varphi_j^{(\to R)}$	Угол поворота между горизонтальной плоскостью и нормалью к пластине в узле (J)
h, r_j θ_j	Размеры сетки на осях R, θ для узла (J) соответственно
$D = \left(\frac{Et^3}{12(1-\upsilon^2)} \right)$	Цилиндрическая жёсткость. «Жёсткость» круглой пластины
E, υ, t, a	Модуль упругости (Юнга), коэффициент Пуассона и толщина пластины, радиус пластины соответственно

• В результате получается система результатов решения линейных уравнений, которую легко решить путём формирования матрицы:

$AX = \lambda \cdot Bx$,

где $X = \{X_i\}$ – векторная матрица, элементы которой представляют собой амплитуды свободных колебаний, которые управляют круглой пластиной;

$A = [A_i]$ – квадратная матрица, полученная по обобщённым конечно-разностным выражениям бигармонического оператора для исходящей системы уравнений;

$B = [b_i]$ – диагональная матрица, представляющая собой константы, размещённые в системе в правой части формулы:

• Умножая всю алгебраическую систему уравнений на обратную матрицу B^{-1}, получаем $(C - \lambda \cdot I)x = 0$, где $C = B^{-1} \cdot A$ & I представляет собой единичную матрицу;

• За исключением тривиального решения, которое может дать уравнение $(C - \lambda \cdot I)x = 0$, модуль набора параметров $|C - \lambda \cdot I|$ подразумевает:

$$|C\text{-}\lambda I| = \begin{vmatrix} c_{11}-\lambda & c_{12} & c_{13} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22}-\lambda & c_{23} & \cdots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33}-\lambda & \cdots & c_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & \cdots & c_{nn}-\lambda \end{vmatrix} = 0 .$$

Отсюда могут быть получены искомые собственные векторы (модальные векторы), соответствующие собственным частотам (ω_n) рассматриваемых пластин.

ЧИСЛОВАЯ ПРОВЕРКА

В этой части была тщательно подобрана простая задача верификации, чтобы продемонстрировать, насколько легко представленный метод может оценивать собственные частоты/формы колебаний круглой пластины, демонстрируя при этом

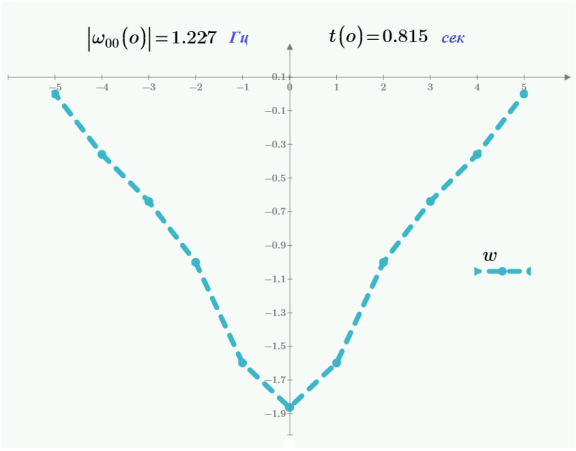


Рис. 3а. 1-я форма колебаний плиты, соответствующая ω_0 = 1,227 Гц.

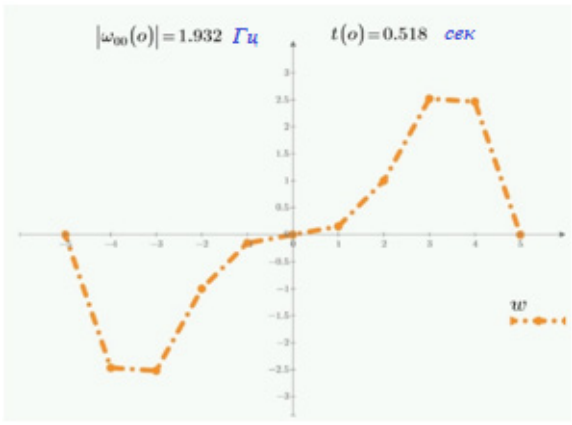


Рис. 3б. 2-я форма колебаний плиты, соответствующая ω_1 = 1,935 Гц.

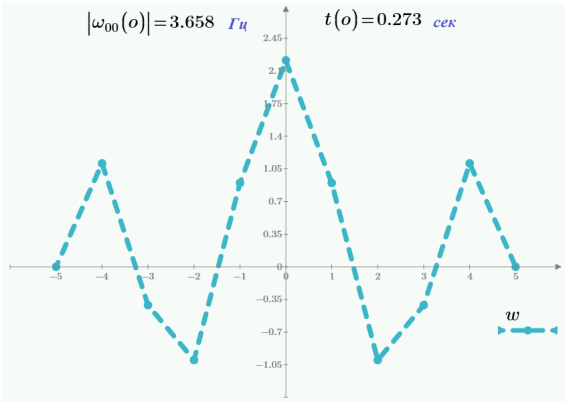


Рис 3в. 3-я форма колебаний плиты, соответствующая ω_2 = 3,658 Гц.

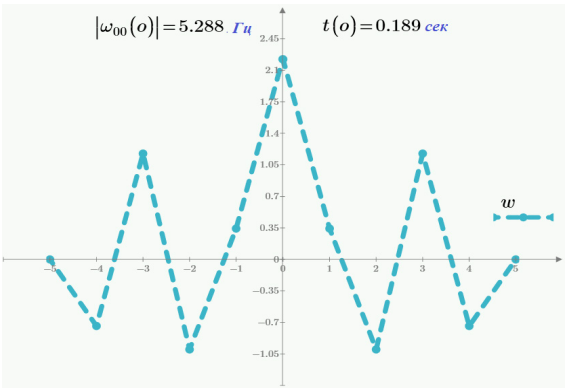


Рис 3 г. 4-я форма колебаний плиты, соответствующая ω_3 = 5,288 Гц.

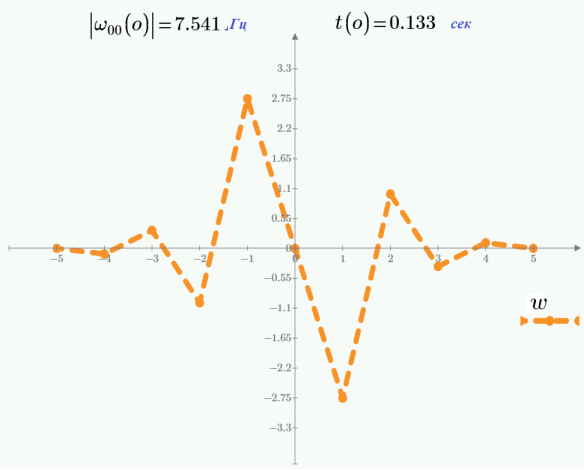


Рис 3д. 5-я форма колебаний плиты, соответствующая ω_4 = 7,541 Гц.

высокую точность по сравнению с другими методами для решения общих инженерных задач.

Возьмём стальную круглую пластину ($E = 2{,}04 \cdot 10^{-6}$ кг/см^2, $\upsilon = 1/3$) с размерами a = 500 см, толщина = 2 см и с опирающимся на шарниры периметром (рис. 2).

Основной задачей проверки является оценка точности результатов вычисления собственных векторов (форм колебаний) и собственных значений (собственных частот), полученных данным и иными методами.

Что касается собственных значений (собственных частот), сравнение результатов было сведено в таблицу 1.

Собственные векторы (формы колебаний) легко построить вдоль центрального поперечного сечения исследуемой плиты (рис. 3а–д) с помощью листа Mathcad.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм, основанный на обобщении (модернизации) конечно-разностных уравнений, был с достаточной достоверностью проверен для расчётов круглых пластин.

Обратившись к разделу числовой проверки, становится ясно, что наиболее заметное преимущество предложенного подхода заключается не только в точности результатов, которые оно даёт по сравнению с результатами других аналогичных методов, а также в их сходимости с точным решением, но и в возможности включения новых параметров, учитывающих условия разрывности функций, которые никогда не рассматривались классическим МКР. Это позволяет проводить анализ пластин с более сложной геометрией.

Наконец, нетрудно решать задачи с использованием численных методов, особенно предложенного выше. Задача сводится к обработке непрерывной правой части исходного дифференциального уравнения путём его дискретизации наряду с его производными в системе линейных алгебраических уравнений. Возможность увеличения точности получаемых результатов за счёт введения параметров разрывности свидетельствует о возможности использования разработанного метода независимо/согласованно по отношению к методу конечных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Timoshenko S. P., Woinowsky-Krieger S. Theory of Plates and Shells. McGraw-Hill, New York, 1959, second edition, 595 p., Ch. 3, pp. 51–78.
2. Leissa A. W. Vibration of Plates, National Aeronautics and Space Administration. – NASA SP-160. – Washington, D.C., 1969. – 362 p. – Ch. 1, 2. – pp. 1–8.
3. Szilard R. Theories and Applications of Plate Analysis: Classical, Numerical and Engineering Methods. – John Wiley & Sons, Inc. – New Jersey, 2004. – Ch. 14. – pp. 787–810.
4. Fried I. Numerical solution of differential equations. – Academic Press, Inc. – New York, 1979. – 278 p. – Ch. 6. – pp. 89–110.
5. Den Hartog J. P. Advanced Strength of Materials. – Dover Publications, Inc. – New York, 1952. – 378 p. – Ch. 4. – pp. 119–120.
6. Варвак П. М. Развитие и приложение метода сеток к расчёту пластинок: некоторые задачи прикладной теории упругости в конечных разностях. – Ч. 1. – Киев: Изд-во Академии наук Украинской ССР, 1949. – 136 с. – Гл. 3. – С. 23–27.
7. Справочник по динамике сооружений / Под ред. Б. Г. Коренева, И. М. Рабиновича. – М.: Стройиздат, 1972. – 511 с. – Гл. 8. – С. 233–234.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-88-98

Modal Analysis of Circular Symmetrical Plates by Means of Generalized Finite Difference Method



Alaa El-Din Mansour, *Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Theoretical & Structural Mechanics Department, Moscow, Russia*.*

Alaa El-Din MANSOUR

ABSTRACT

In this paper, a simplified modal analysis procedure of circular plates procedures (on polar domains) through generalized (modernized) finite difference method (abbreviated next as – FDM) is developed.

Generally, circular plates are widely used for a plenty of modern civilian and industrial utilities, machine design and many other purposes. They form a spectrum of elements starting with trains' bogies along with engine pistons, dampers and up to slabs and roofs over circular-shaped buildings, train stations and other transportation facilities.

Nowadays, FDM predominates the numerical solutions of partial differential equations (abbreviated next as – PDE) not less than the method of finite elements (abbreviated next as – FEM). This is wide-famous mathematical-discretization method that is economic to compute and simple to code, less regarding to computation tools in hands and how powerful/less powerful they are, since it bases on replacing each derivative by a difference algebraic quotient in a classical formulation. In a sense, a finite difference formulation offers a more direct approach to the numerical solution of the PDE especially in polar coordinates domain problems considering curvilinear dimensions that even FEM does not.

The generalized approach of FDM considers many parameters less regarded by the classical one. Consequently, the use of classical approach negatively affects the accuracy of calculation (convergence to the exact solution values) and the tendency of results, the thing been healed by the generalized approach.

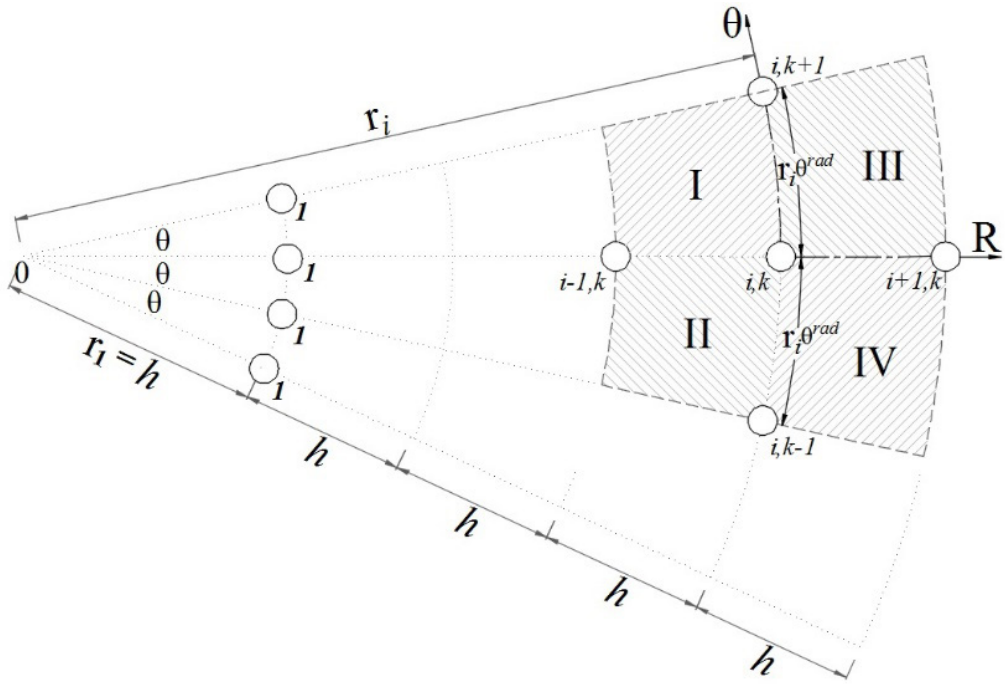
Keywords: modal analysis, generalized finite difference method (approach), numerical method(s), Eigen model, applied mathematics, circular plate(s).

---

*Information about the author:
Alaa El-Din Mansour – Ph.D. student at the Theoretical & Structural Mechanics Department of Moscow State University of Civil Engineering (National Research University), Moscow, Russia / Alexandria, Arab Republic of Egypt, Alaa_for_all@hotmail.com.

Article received 13.03.2019, accepted 10.06.2019.

The paper was presented in English. The translation into Russian can be consulted at p. 88.



Pic. 1. A sector of plate indicates calculation nodes in different positions.

A free vibration of a plate [2, pp. 1–8; 3, pp. 787–810; 4, pp. 89–110]

The undamped free flexural vibrations of circular plates are basically boundary value problems of the differential mathematical physics. Therefore, the solution in the case of freely vibrating plates can take the form of the following homogeneous differential equation:

$$D\nabla_r^2\nabla_r^2 w(R,\theta,\tau) + \overline{m}\bullet\frac{\partial^2 w(R,\theta,\tau)}{\partial\tau^2} = p_z^* . \quad (1)$$

In most circular plate cases (*especially those of symmetrical nature*), the effects of the rotational inertial forces (P_z^*) are neglected. We can investigate the solution of equation (1) in the form:

$$D\nabla_r^2\nabla_r^2 w(R,\theta,\tau) = -\overline{m}\bullet\frac{\partial^2 w(R,\theta,\tau)}{\partial\tau^2} .$$

In that case the solution of the equation ($D\nabla_r^4 W(R,\theta) = 0$) of biharmonic homogenous nature can logically be extended so that:

$$D\nabla_r^2\nabla_r^2 W(R,\theta) - \lambda\bullet W(R,\theta) = 0 , \quad (2)$$

where $\lambda_n = \frac{\overline{m}\bullet\omega_i^2}{D}$ represents the eigenvectors for each (n).

Generally, equation (2) represents the characteristic equation that describes a free-vibrating circular plate in which each modal vector (λ) complies with a corresponding natural frequency (ω_n).

Numerical approximation of the biharmonic equation by means of generalized FDM

Starting with Laplacian biharmonic operator, formed in polar coordinates as [1, p. 51; 6, pp. 23–27]:

$$\nabla^2\nabla^2 w = \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\bullet\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\bullet\frac{\partial^2 w}{\partial\theta^2}\right)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\bullet\frac{\partial w}{\partial r} + \frac{1}{r^2}\bullet\frac{\partial^2 w}{\partial\theta^2}\right),$$

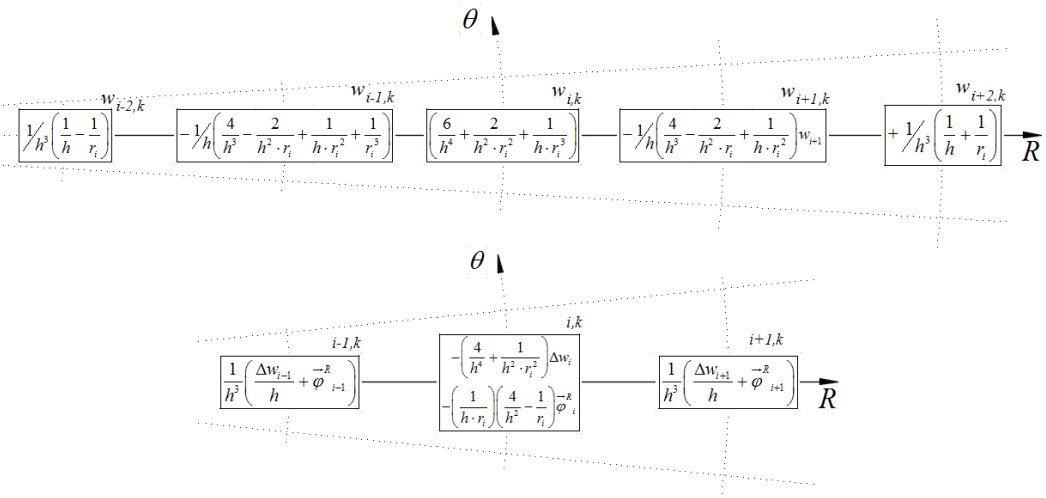
as per [1, p. 51; 5, pp. 119–120] for symmetrical thin circular plates, the previous operator can be simplified so that:

$$\nabla^2\nabla^2 w = \frac{\partial^4 w}{\partial r_i^4} + \frac{2}{r_i}\bullet\frac{\partial^3 w}{\partial r^3} - \frac{1}{r_i^2}\bullet\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r_i^3}\bullet\frac{\partial w}{\partial r}.$$

A proposed numerical approximation for the biharmonic solution equation on each node on the integration domain mesh can be stated as per its position so that:

a) For intermediate node, approximation takes the form:

$$\begin{aligned}
&\frac{1}{h^3}\left(\frac{1}{h}-\frac{1}{r_i}\right)w_{i-2} - \frac{1}{h}\left(\frac{4}{h^3}-\frac{2}{h^2\bullet r_i}+\frac{1}{h\bullet r_i^2}+\frac{1}{r_i^3}\right)w_{i-1} - \\
&-\left(\frac{4}{h^4}+\frac{1}{h^2\bullet r_i^2}\right)\Delta w_i + \left(\frac{6}{h^4}+\frac{2}{h^2\bullet r_i^2}+\frac{1}{h\bullet r_i^3}\right)w_i - \\
&-\frac{1}{h}\left(\frac{4}{h^3}-\frac{2}{h^2\bullet r_i}+\frac{1}{h\bullet r_i^2}\right)w_{i+1} + \frac{1}{h^3}\left(\frac{1}{h}+\frac{1}{r_i}\right)w_{i+2} + \\
&+\frac{\Delta w_{i-1}+\Delta w_{i+1}}{h^4} + \frac{\overline{\varphi}^R{}_{i-1}+\overline{\varphi}^R{}_{i+1}}{h^3} - \left(\frac{1}{h\bullet r_i}\right)\left(\frac{4}{h^2}-\frac{1}{r_i}\right)\overline{\varphi}^R{}_i = \boxed{\lambda\bullet w_{i,k}} .
\end{aligned} \quad (3)$$



That can be stenciled as (STENCILED).

b) For nodes, located near polar mesh's center, the approximation would be:

$$\nabla^2\nabla^2 w_1 = \frac{1}{h^4}\left[(-3)w_0 + (7{,}125)w_1 - (6)w_{n+1} + (1{,}875)w_{2n+1}\right] = \boxed{\lambda \cdot w_1} \quad . \quad (4)$$

c) For central nodes, approximation is shaped as:

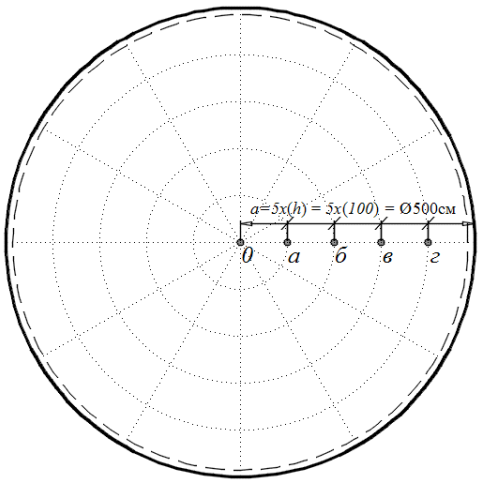
$$\nabla^2\nabla^2 w_0 = \frac{1}{h^4}\left[18w_0 - 24w_1 + 6w_2\right] = \boxed{\lambda \cdot w_0} \quad . \quad (5)$$

d) Boundary conditions are treated as per classical FDM.

Estimation Procedure

• Each calculation node on the domain is supposed to be integrated in a way that corresponds its position as described in the previous section.

STENCILED



Pic. 2. A meshed plate simply supported along its perimeter.

• A system of linear equations results can be easily tackled via matrix formation of $AX = \lambda \cdot Bx$,

where X = {Xi} is a vector matrix which elements represent the amplitudes of free vibration that govern the circular plate;

$A = [A_i]$ is a square matrix, obtained by the generalized finite-difference expressions of the biharmonic operator for out-coming system of equations;

$B = [b_i]$ is a diagonal matrix representing constants that take their places in the system at right-hand side (R.H.S.)

• Multiplying the whole algebraic equations' system by the inverse matrix B^{-1} , we can get $(C - \lambda \cdot I)x = 0$; where $C = B^{-1} \cdot A$ & I represents the unity matrix.

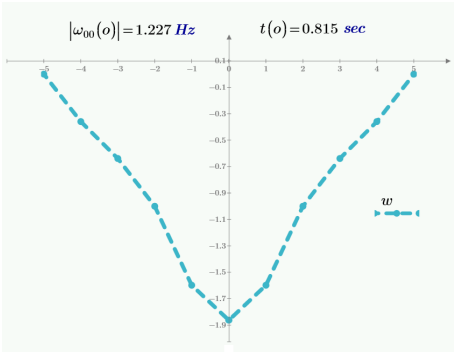
• Except for the trivial solution that equation $(C - \lambda \cdot I)x = 0$ gives, a modulus of the parameters set $|C - \lambda \cdot I|$ implies:

$$|C - \lambda I| = \begin{vmatrix} c_{11}-\lambda & c_{12} & c_{13} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22}-\lambda & c_{23} & \cdots & c_{2n} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33}-\lambda & \cdots & c_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & c_{n3} & \cdots & c_{nn}-\lambda \end{vmatrix} = 0 ,$$

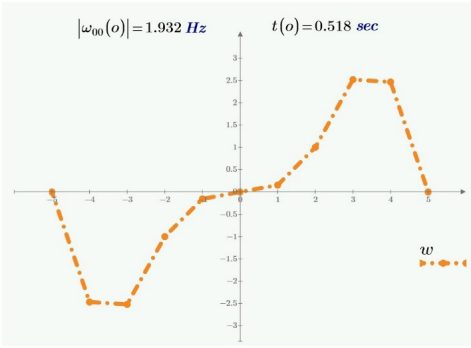
from which we can generate required eigenvectors (modal vectors) corresponding to natural frequencies (ω_n) of considered plates.

Numerical Verification

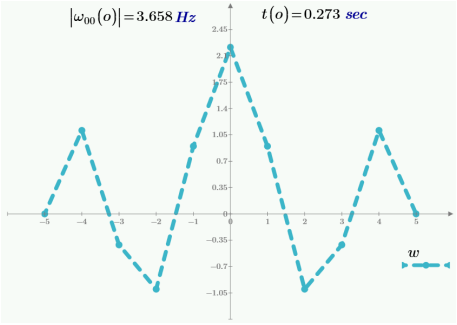
In this part, a simple verification problem had been accurately chosen to express how easy the presented technique can estimate natural frequencies / mode-shapes of a circular plate showing high accuracy compared to other methods applied in common engineering tasks for solving similar problems.



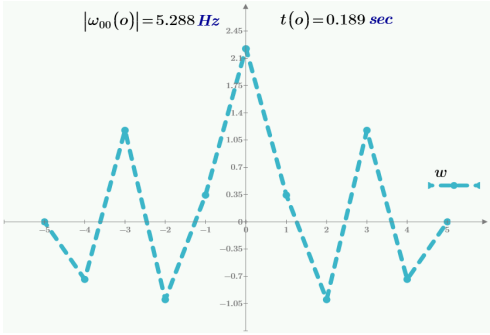
Pic. 3a. 1st mode shape of a plate corresponding to ω_0 = 1,227 Hz.



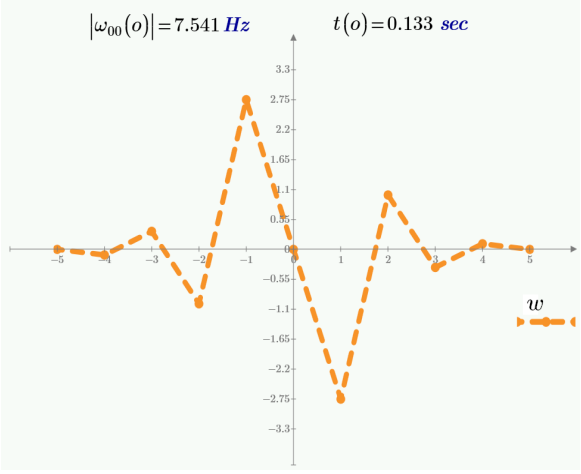
Pic. 3b. 2nd mode shape of a plate corresponding to ω_1 = 1,935 Hz.



Pic. 3c. 3rd mode shape of a plate corresponding to ω_2 = 3,658 Hz.



Pic. 3d. 4th mode shape of a plate corresponding to ω_3 = 5,288 Hz.



Pic. 3e. 5th mode shape of a plate Corresponding to ω_4 = 7,541 Hz.

Let us consider a steel circular plate ($E = 2{,}04 \cdot 10^{-6}$ kg/cm^2, $\upsilon = 1/3$) of dimensions (a = 500 cm, thickness = 2 cm) with a simply (hinge type) supported perimeter (as that in Pic. 2).

Here, verification consists mainly in evaluation of the precision of eigenvectors (mode shapes) & eigenvalues (natural frequencies) resulted from calculations generated through the suggested approach in comparison with others.

Concerning eigenvalues (*natural frequencies*), a comparison of results has been tabulated as follows (Table 1).

Eigenvectors (*mode shapes*) are readily plotted along a *central x-section* of the investigated plate with the aids of a *Mathcad* sheet as shown in Pics. 3a–e.

Conclusion

The proposed algorithm based on a generalization (*modernization*) of finite difference equations has been clearly verified for circular plates calculations.

Table 1

Results comparison table

n	Eigenvalues (ω_n) in Hz		
	Modernized FDM	Analitical Solution [7, pp. 233–234]	FEM
0	1,227	1,3990	0.98
1	1,932	1,7392	2.07
2	3,658	3,6176	3.31
3	5,288	5,2469	5.11
4	7,541	7,5795	7.83
Error, %	4,92 %	12,22 %	

Table 2

Nomenclature

$w_{i,k}$	The value of deflection (w) at a point-node – of a (i) ordinate on R-axis & (k) ordinate on θ-axis
ω_n	n^{th} natural frequency of the plate
$\frac{d^* u}{dR^*} = u^{*(\prime)} = \partial^* U = \nabla_r^*$	A function (U)'s derivative of a power (*) on axis (R)
$\Delta W_j^{(\to R)}$	Difference in values of deflection before & after node (J) along R-axis
$\varphi_j^{(\to R)}$	Angle of rotation between the horizontal plane & normal to the plate at node (J)
h, r_j θ_j	Mesh dimensions on axes R, θ for a node (J), respectively
$D = \left(\frac{Et^3}{12\left(1-\upsilon^2\right)} \right)$	Cylindrical rigidity. «stiffness» of a circular plate
E, υ, t, a	Elasticity (Young's) modulus, Poisson's ratio and Plate thickness, Plate Radius respectively

Referring back to the numerical verification section, it figured out the core advantage of the suggested procedure, not only limited to precision of the generated results and their convergence to exact solution, compared to the outcomes of the other similar methods, but also a possibility to include new terms that consider discontinuity parameters never considered by the classical FDM, thus allowing to analyze plates with more complex geometry.

Finally, it's not hard to solve problems using numerical techniques especially the above proposed one, as it is a process of handling continuous R.H.S of an original differential equation discretized together with its mathematical derivatives in a system of linear algebraic equations. Raising the solution accuracy through embedding discontinuity parameters, speaks up about the possibility of using the new developed method independently/co-phased with the method of finite elements.

REFERENCES

1. Timoshenko, S. P., Woinowsky-Krieger, S. Theory of Plates and Shells. McGraw-Hill, New York, 1959, second edition, 595 p., Ch. 3, pp. 51–78.

2. Leissa, A. W. Vibration of Plates. National Aeronautics and Space Administration, NASA SP-160, Washington, D.C., 1969, 362 p., Ch. 1, 2, pp. 1–8.

3. Szilard, R. Theories and Applications of Plate Analysis: Classical, Numerical and Engineering Methods. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey, 2004, Ch. 14, pp. 787–810.

4. Fried, I. Numerical solution of differential equations. Academic Press, Inc., New York, 1979, 278 p., Ch. 6, pp. 89–110.

5. Den Hartog, J. P. Advanced Strength of Materials. Dover Publications, Inc., New York, 1952, 378 p., Ch. 4, pp. 119–120.

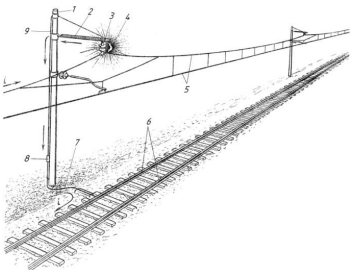
6. Varvak, P. M. Development and application of mesh method to plate calculations: some problems of applied theory of flexibility in finite differences [*Razvitie i prilojenit metoda setok k rashoty plastin: nekotorye zadachi prikladnoi teorii uprugosti v konechnykh raznostiakh*]. 1st part. Kiev, Academy of Sciences of the Ukrainian SSR publ., 1949, 136 p., Ch. 3, pp. 23–27.

7. Handbook on Structural Dynamics [Spravochnik po dinamike sooruzheniy]. Ed. by Korenev, B. G., Rabinovich, I. M. Moscow, Stroyizdat publ., 1972, 511 p., Ch. 8, pp. 233–234.

ЭКОНОМИКА • ECONOMICS

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ 100

Рентабельность нового электрооборудования: сглаживающий реактор.



ТАРИФЫ 114

Социальный тариф: надо учитывать и платёжеспособность пользователей услуг.

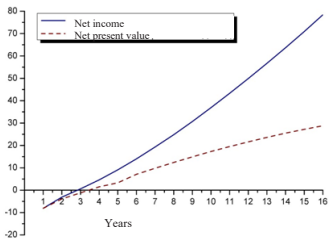


МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ 122

Взаимодействие морского и железнодорожного транспорта: пример порта Актау.

ELECTRICAL POWER SUPPLY 107

Efficiency of new electrical equipment: smoothing reactor.



TARIFFS 118

Social tariff: it is necessary to account for solvency of customers.

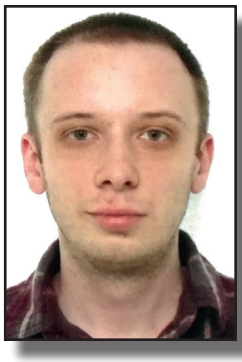


MULTIMODAL TRANSPORTATION 131

Interaction of sea and rail transport: the example of the port of Aktau.

УДК 621.331.5; 629.4.016.2
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-100-112

Технико-экономические показатели внедрения сглаживающих реакторов нового типа





Дмитрий ДУРАКОВ **Владимир ЛОБЫНЦЕВ** **Станислав ПОЛЕВ**

Дураков Дмитрий Николаевич *– НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия.*
Лобынцев Владимир Васильевич *– Российский университет транспорта, Москва, Россия.*
Полев Станислав Сергеевич *– НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия*.*

Выполнен расчёт технико-экономических показателей внедрения сглаживающих реакторов нового типа с учётом специфики условий эксплуатации систем тягового электроснабжения постоянного тока 3,5 кВ. На основании данных, предоставленных эксплуатирующими и монтажными организациями, выполнена оценка стоимостных показателей устранения повреждений контактной сети. Выполнено формирование основных финансовых статей, на основании которых проведён расчёт чистого дохода и чистого дисконтированного дохода в целях определения срока окупаемости инвестиционных затрат.

Полученный по результатам расчётов срок окупаемости – чуть более трёх лет для оборудования, относящегося к основным фондам, с назначенным сроком службы двадцать пять лет – свидетельствует о высоком уровне инвестиционной привлекательности сглаживающего реактора нового типа. Одобренная методика позволяет проводить расчёты с использованием большого числа физических и эксплуатационных параметров, влияющих на экономические показатели работы устройства.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, чистый дисконтированный доход, дисконтированный доход, срок окупаемости, объём инвестиций, тяговая подстанция, контактная сеть, пережог контактной сети, реактор с пониженным омическим сопротивлением, инвестиционные затраты.

---

*Информация об авторах:
Дураков Дмитрий Николаевич – инженер-исследователь Курчатовского комплекса ядерных транспортных энергетических технологий НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, Durakov_DN@nrcki.ru.
Лобынцев Владимир Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики транспорта Российского университета транспорта, Москва, Россия, Lobyntsev_VV@nrcki.ru.
Полев Станислав Сергеевич – экономист Курчатовского комплекса ядерных транспортных энергетических технологий НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Россия, stpolev@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 14.02.2019, принята к публикации 16.05.2019.

For the English text please see p. 107.

В настоящее время на тяговых подстанциях постоянного тока на российских железных дорогах в зависимости от используемой схемы выпрямительного агрегата в цепи возврата тягового тока устанавливаются сглаживающие реакторы типа РБФАУ-6500/3250 с различной величиной индуктивности [1, с. 282]. Индуктивность реактора может варьироваться от 1,5–12,5 мГн посредством перекоммутации обмоток или количеством последовательно включённых секций, исходя из условий обеспечения электромагнитной совместимости [2, с. 211].

В то же время всё оборудование тяговых подстанций должно иметь стойкость к перегрузкам, будучи недозагруженным основную часть времени эксплуатации, потому как среднеэффективное значение тягового тока может в 4 или более раз отличаться от его пиковых значений, обусловленных, например, пуском электроподвижного состава (ЭПС). Стойкость к перегрузкам или запас по установленной мощности определяет высокую стоимость капитальных затрат и относительно низкий коэффициент использования данного оборудования [3, с. 124].

Внедрение реактора РЖФА-6500 на объектах тягового электроснабжения способно в значительной степени сократить потери, понизив тем самым расходы на централизованную закупку электроэнергии от оптового поставщика. Кроме того, результаты математического моделирования позволяют утверждать, что использование РЖФА-6500 существенно снижает термическое и электродинамическое действие токов короткого замыкания на силовое оборудование, коммутационные аппараты и токоведущие части тяговых подстанций, а также провода контактной сети. Практически в 100 % случаев возникновения дуговых коротких замыканий удаётся избежать пережога и отжига проводов контактной сети [4].

Целью исследования были разработка методики и оценка стоимостных показателей устранения повреждений контактной сети, расчёт чистого дохода и чистого дисконтированного дохода в целях определения срока окупаемости инвестиционных затрат при внедрении реактора определённого типа. Использовались общенаучные и экономические *методы* исследования, инженерный анализ.

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИЙ

В качестве показателей экономической эффективности авторами приняты:

• чистый доход как разность между объёмом поступлений и объёмом инвестиционных затрат;

• чистый дисконтированный доход как разность между объёмом поступлений по периодам (годам) эксплуатационной фазы, приведённых к началу мероприятия в соответствии с принятой в расчётах ставкой дисконтирования, и объёмом инвестиционных затрат;

• срок окупаемости как момент времени, когда совокупный объём поступлений становится равным объёму инвестиционных затрат;

• дисконтированный срок окупаемости как момент времени, когда совокупный объём поступлений, приведённых к точке начала мероприятия, становится равным объёму инвестиционных затрат;

• индекс доходности.

Для оценки эффективности инвестиций используются дисконтированные денежные потоки, отражающие притоки и оттоки денежных средств в процессе реализации проекта. Баланс денежных средств для каждого периода корректируется с учётом коэффициента приведения:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \qquad (1)$$

где E – ставка дисконтирования для проектов в сфере железнодорожного транспорта (в целях расчёта принимается равной 0,1);

t – номер шага расчёта.

В качестве основного показателя для расчёта эффективности проекта принимается чистый дисконтируемый доход (ЧДД) за расчётный период, приведённый к начальной точке по норме дисконта, который определяется по формуле [5, с. 23]:

$$ЧДД = \sum_{t=0}^{T}(P_t - З_t)\alpha\ , \qquad (2)$$

где P_t – приток денег в году t;

$З_t$ – отток денег в году t без учёта амортизационных отчислений, но с учётом инвестиций;

α – коэффициент приведения.

В состав притоков денежных средств P_t включаются следующие группы статей денежных поступлений, преимущественно по операционной деятельности:

• эффект, получаемый за счёт реализации предлагаемого мероприятия;

• амортизационные отчисления.

В состав оттоков денежных средств $З_t$ включаются следующие группы статей расходов:

• затраты на строительно-монтажные и пусконаладочные работы;

• текущие эксплуатационные расходы;

• инвестиции на закупку оборудования;

• налог на прибыль;

• налог на имущество.

Расчёты налоговых платежей на имущество выполняются по формуле [6]:

$$H_u = \varphi \cdot \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T} (K_{ti} - AO_{ti} \cdot t_{ti}), \quad (3)$$

где K_{tj} – капитальные вложения при внедрении i-ой техники или технологии за расчётный период до года 1, руб.;

$i = 1, 2, ..., n$ – количество новой техники с различными сроками службы в рамках рассматриваемого проекта;

AO_{ti} – амортизационные отчисления для i-ой техники или технологии в году t, руб.;

t_{tj} – годы расчётного периода для i-ой техники или технологии,

$t_{tj} = 1$ при вводе в эксплуатацию i-ых основных фондов;

ϕ – ставка налога на имущество (2,2 %/100).

Налог на прибыль Н, рассчитывается по формуле:

$$Н_р = (Р_{(t)} - З_{m(t)}) \cdot p, \quad (4)$$

где $З_{m(t)}$ – текущие расходы в году t, включая амортизацию, руб.;

p – ставка налога на прибыль (p = 20,0 %/100).

При оценке результата $P_{(t)}$ от реализации продукции, когда стоимостная оценка связана с экономией затрат, налог на прибыль рассчитывается по формуле:

$$Н_р = (З'_{m(t)} - З_{m(t)}) \cdot p, \quad (5)$$

где $З'_{m(t)}$ – текущие расходы по варианту «без проекта» в году t, руб.;

$З_{m(t)}$ –текущие расходы по варианту «с проектом» в году t, руб.

Индекс доходности [7] показывает величину в рублях дохода, который приходится на каждый вложенный рубль инвестиций:

$$ИД = \frac{\sum_{t=0}^{T} (P_t - З_{mt})\alpha_1}{K_1 \sum_{t=0}^{T} \alpha_1}, \quad (6)$$

где K – капиталовложения на t-м шаге;

$З_{m(t)}$ – текущие расходы без учёта капиталовложений и амортизационных отчислений;

α – коэффициент приведения в году t.

Срок окупаемости инвестиций или срок возврата вложений представляет собой период от начала реализации проекта, за пределами которого интегральный эффект становится положительным. Срок окупаемости определяет время, по истечении которого возмещаются первоначальные вложения за счёт чистых поступлений, исчисляемое от базового момента времени. Для определения срока окупаемости используется равенство:

$$\sum_{t=0}^{T\ окупаемость} (P_t - З_{mt})\alpha_1 = \sum_{t=0}^{T\ окупаемость} K_t \cdot \alpha_1, \quad (7)$$

где P_t – приток денег на t шаге;

K_t – капиталовложения на t-м шаге;

$З_{mt}$ – текущие расходы без учёта капиталовложений и амортизационных отчислений;

α – коэффициент приведения на шаге t.

Формирование затрат на строительно-монтажные и пусконаладочные работы производится, исходя из стоимости поставки серийного образца РЖФА-6500, ожидаемой на уровне 11 151 000 руб. с НДС, объёмов и сметной стоимости работ, выполняемых специализированным монтажным предприятием на объекте внедрения – тяговой подстанции ОАО «РЖД» [8, раздел 3]:

• аренда крана-манипулятора (8 часов) – 12 000 руб. с НДС;

• стоимость оплаты труда монтажников-такелажников, исходя из объёма 32 человеко-часа по тарифной ставке 600 руб. за нормо-час, итого: 19200 руб.;

• стоимость оплаты труда электромонтажников, исходя из объёма 16 человекочасов по тарифной ставке 625 руб. за нормо-час, итого: 10000 руб.;

• объём отчислений во внебюджетные фонды по заработной плате монтажников составит 8 760 руб.;

• итого стоимость монтажа РЖФА-6500 составит 49 960 руб. с НДС.

Демонтаж реактора старого типа РБФА-У-6500/3250 включает в себя его отсоединение от токоведущих частей, вывоз и утилизацию цветного металла обмоток, в связи с чем стоимость выполнения данных работ может быть рассчитана по следующей формуле:

$$C = Ц_{ут.ц.м.} M_{ц.м} - М_{об} Ц_{ут.ч.м} + 30\ \%, \quad (8)$$

где $M_{об.}$ – масса демонтируемого оборудования (кг);

$М_{ц.м.}$ – масса цветного металла, содержащегося в оборудовании (кг);

$Ц_{ут.ц.м.}$ – цена утилизации 1 кг цветного металла (руб. с НДС);

$Ц_{ут.ч.м.}$ – цена утилизации 1 кг чёрного металла (в руб. с НДС);

30 % – надбавка за демонтаж и вывоз.

С использованием выражения (8) определим стоимость выполнения строительно-монтажных и пусконаладочных работ в численном выражении, которая составит:

(5500 кг • 110 руб.) – ((7800 кг • 9,5 руб.) + 30 %) = 580 670 руб.

Следовательно, с каждого утилизированного реактора типа РБФА-У-6500/3250 может быть получен доход в размере 580 670 руб. с НДС.

Формирование текущих эксплуатационных расходов в рамках принятой финансовой модели связано с периодической проверкой состояния электрической изоляции и параметров индуктивности блоков реактора нового типа. С учётом экспертной оценки расходы на проведение проверочных мероприятий составят не более 2 % от стоимости РЖФА-6500, то есть, 150 000 руб. в год с НДС.

Расчёт объёма инвестиций на закупку оборудования, а также расчёт налогов, связанных с выполнением поверочных операций, не приводятся, потому что они не являются решающими в данном контексте и проводятся по внутренним нормативам компаний, связанных единым технологическим процессом.

Для оценки снижения уровня потерь электрической энергии при внедрении реакторов нового типа АО «Трансэнерго» – филиалом ОАО «РЖД» предоставлены данные по среднесуточному значению тягового тока одной из постоянно загруженных тяговых подстанций сети железных дорог постоянного тока «Григорьевская», которое составляет 2757,81 А. Следовательно, мощность потерь электрической энергии в эксплуатируемых реакторах типа РБФА-У-3250/6500 составит за сутки:

$$\Delta W_{РБФА\ сут.} = (I_{ср.\ сут.} K_{эфф.})^2 R_{РБФА} \cdot h = (2757{,}8 \cdot 1{,}2)^2 \cdot 0{,}006 \cdot 24 = 1577{,}08\ кВт \cdot ч,$$

где $I_{ср.сут}$ – среднесуточный ток подстанции (по данным 2015 года);

$K_{эф}$ – коэффициент эффективности тока (выбрано среднее значение);

$R_{РБФА}$ – активное сопротивление реактора типа РБФА;

h – количество часов в сутках.

В реакторах типа РЖФА-6500 с алюминиевыми обмотками сечением 2970 мм^2 мощность потерь электрической энергии за сутки составит:

$$\Delta W_{РЖФА\ сут.} = (I_{ср.\ сут.} K_{эфф.})^2 R_{РЖФА} \cdot h = (2757{,}8 \cdot 1{,}2)^2 \cdot 0{,}0015 \cdot 24 = 394{,}27\ кВт \cdot ч,$$

где $R_{РЖФА}$ – активное сопротивление реактора типа РЖФА.

В пересчёте на год потери составят:

$$\Delta W_{РБФА\ год} = \Delta W_{РБФА\ сут} \cdot k \cdot 365 = 1577{,}08 \cdot 1{,}25 \cdot 365 = 719542{,}66\ кВт \cdot ч,$$

где k – поправочный коэффициент, учитывающий повышенный нагрев реактора типа РБФА:

$$\Delta W_{РЖФА\ год} = \Delta W_{РЖФА\ сут} \cdot k \cdot 365 = 394{,}27 \cdot 1 \cdot 365 = 143908{,}55\ кВт \cdot ч.$$

Средневзвешенная цена покупки электроэнергии на Свердловской железной дороге за 2018 г. составляет 3,83 руб. за 1 кВт • ч [9]. Тогда стоимость оплаты потерь электроэнергии составит:

$$\Delta C_{РБФА} = \Delta W_{РБФА\ год} \cdot 3{,}83 = 2755848{,}39\ руб.;$$

$$\Delta C_{РЖФА} = \Delta W_{РЖФА год} \cdot 3{,}83 = 551169{,}75\ руб.$$

Сумма ущерба от пережогов контактного провода может сильно различаться в зависимости от каждого конкретного случая, но для оценочных расчётов рассмотрим наиболее простой и часто возникающий случай термического повреждения контактного провода.

При помощи Статистического аварийного анализатора – прибора «САА», разработанного коллективом кафедры «Электроэнергетика транспорта» РУТ (МИИТ) и установленного на одной из тяговых подстанций действующей линии Санкт-Петербург–Москва, в режиме реального времени набрана статистика, которая показала, что 90 % случаев коротко-

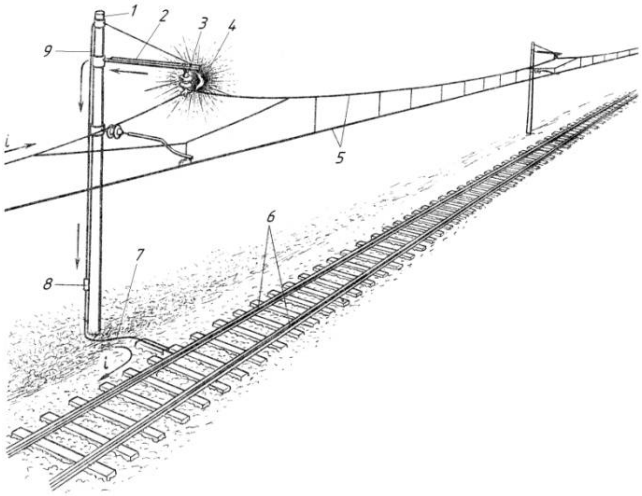


Рис. 1. Перекрытие изолятора и залипшая дуга на несущем тросе: 1 – опора контактной сети, 2 – траверса, 3 – изолятор, 4 – дуга, 5 – контактная сеть: несущий трос и контактный провод, 6 – рельсы, 7 – кабель группового заземления опор, 8 – искровой промежуток, 9 – шина, объединяющая металлические части, закреплённые на опоре.

го замыкания были обусловлены повреждением электроподвижного состава (ЭПС). При этом суммарное число отключений в год, приходящихся на сдвоенный выключатель одного из фидеров контактной сети, составляет около 100 (на этой линии), для фидера, питающего депо это число в 5 раз больше – порядка 500. В 30–40 % (среднестатистическая цифра по сети железных дорог [10, с. 110]) случаев отключение было вызвано дуговым коротким замыканием (см. рис. 1). Для фидера, питающего депо, это процентное соотношение существенно выше.

Среднее расчётное число коротких замыканий, приходящихся на один фидер тяговой подстанции в год, примем равным 35. При этом пережог контактного провода происходит в 6–8 % случаев (которые также могут быть связаны с работой АПВ, для расчёта возьмём 7 %), итого в 2,5 случаях короткого замыкания в год на каждый фидер возникает пережог контактного провода. Минимальное количество фидеров на тяговых подстанциях магистральных железных дорог равняется 4 шт. [11, с. 169], следовательно, на все фидерные зоны, питаемые тяговой подстанцией, приходится 10 случаев пережога контактного провода в год.

Устранение пережогов контактного провода (КП) по главному ходу выполняется с остановкой движения по повреждённому пути, причём сначала поездному диспетчеру необходимо организовать движение по одному пути в обе стороны, потом маневровый тепловоз должен осуществить манёвр (буксировку) состава на соседний путь для освобождения места проведения восстановительных работ [12, с. 289]. После этого бригада монтёров контактной сети приступает к устранению неполадок, на что в среднем отводится около 1 часа (в самом простом случае).

Согласно данным, предоставленным АО «Трансэлектромонтаж», можно подсчитать сумму затрат, необходимых для ликвидации одного пережога КП:

- работа дрезины 800 руб./час;
- осмотр анкерного участка и регулировка 27206 руб./км, при наличии 2 контактных проводов;
- стоимость погонного метра контактного провода 222,5 руб.;
- приведённая стоимость указана в базовых ценах 2000 года, для их пересчёта на четвёртый квартал 2018 года (время проведения расчётов) необходимо использовать коэффициент 3,63;
- длина анкерного участка на сети российских железных дорог составляет 1600 м (1,6 км), в некоторых (крайних) случаях 1800 м (1,8 км).

Для расчёта возьмём 1,6 км:

Ц = (1,6 • 27206+800+(2 • 222,5)) • 3,63 = 162532 руб., без учёта нарушения графи-

Таблица 1

Вид аварии	Частота, 1/год	Единичный ущерб, млн руб.	Риск, млн руб./год.
Пережог контактного провода	10	0,16	1,6
Значительная авария, вызванная коротким замыканием	0,3	1	0,3
Всего:			1,9

Таблица 2

Эффект от внедрения новой модели реактора на единичной тяговой подстанции

Чистый доход, руб.	78 369 490
ЧДД (ставка 10 %), руб.	28 796 956
Внутренняя норма доходности (IRR), %	57 %
Срок окупаемости, лет	2,8
Индекс доходности	4,6

ка движения поездов и осуществления манёвров.

Суммарный ущерб за год на всех фидерных зонах, питаемых одной тяговой подстанцией: Ц = 162532 • 10 = 1625320 руб. ≈ 1,6 млн руб.

Около 3 % случаев от общего числа коротких замыканий по всей сети железных дорог имеют тяжёлые и крайне тяжёлые последствия, ущерб от которых трудно поддаётся оценке. Например, неотключение быстродействующим выключателем глухого короткого замыкания (соединены контактный провод и рельс без образования электрической дуги) приводит к необходимости замены части контактного провода на перегоне в месте короткого замыкания, которое также производится с остановкой движения по этому участку и с заменой самих коммутационных аппаратов (быстродействующих выключателей) [13, с. 103]. Прямой ущерб от подобных случаев составляет около 1 млн руб. (стоимость одного комплекта фидерных выключателей, которые необходимо заменить, составляет 800000 руб. без учёта повреждений токоведущих шин и сопутствующего оборудования). Также возможны и более тяжёлые аварии, которые происходят значительно реже (раз в 5–10 лет по всей сети ОАО «РЖД»), но вероятности их возникновения никто полностью исключить не может. Эти аварии связаны с полным выходом из строя оборудования тяговой подстанции (участок Москва–Мытищи, весна 2005 года). Такие аварии влекут за собой тяжелейшие последствия из-за нарушения графика движения поездов (убытки только по оборудованию тяговой подстанции могут составить от 10 до 30 млн рублей в зависимости от её типа и установленной мощности, данные предоставлены АО «Мосгипротранс»). Для оптимистичной оценки прямого ущерба от аварий для одной типовой тяговой подстанции и всех питаемых ею фидерных зон составим таблицу 1.

Использование в цепи возврата тягового тока реактора типа РЖФА-6500 взамен морально устаревшего позволит в значительной степени снизить величину ущербов от термического и электродинамического действия токов короткого замыкания, а также риск отказа фидерных выключателей за счёт вдвое большей глубины ограничения скорости изменения тока и его установившегося значения. Снижение рисков развития аварийных ситуаций и связанных с ними повреждений на 100 % обеспечивает дополнительную экономию в размере 1,9 млн руб. без учёта ущерба, связанного с нарушением графика движения поездов. При этом суммарная экономия по единичной тяговой подстанции за счёт снижения потерь электроэнергии (2,314 млн руб./год) и сокращения величины ущерба от коротких замыканий (1,9 млн руб./год) составит ≈ 4,2 млн руб./год.

По результатам оценки суммарного объёма ущерба в денежном выражении, причиной которого в силу конструктивных и эксплуатационных особенностей контактной сети является высокая частота возникновения коротких замыканий, с использованием представленных выше выражений (1)–(7) выполнен расчёт сроков окупаемости инвестиционных затрат по внедрению РЖФА-6500 на тяговых подстанциях сети

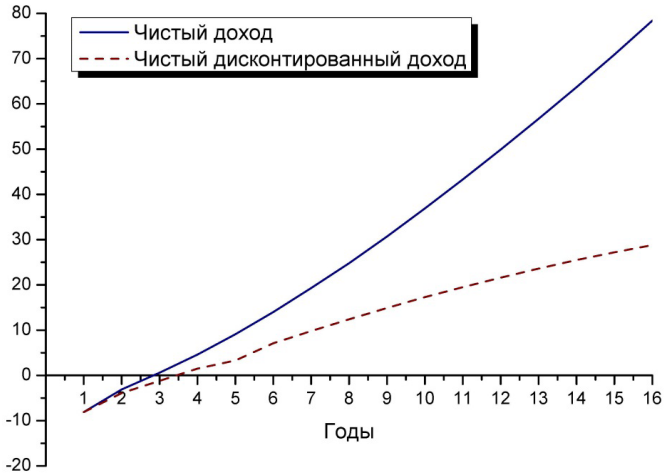


Рис. 2. График окупаемости инвестиционных затрат.

ОАО «РЖД». Результаты расчёта имеют графическое (см. рис. 2) и отражённое в таблице 2 численное представление.

Суммарный эффект от внедрения РЖФА-6500 может быть определён при следующих допущениях:

1. Протяжённость участков постоянного тока на сети железных дорог России ~ 23 000 км.

2. Число тяговых подстанций постоянного тока (из расчёта 1 подстанция на 15 км пути) ~ 1500.

3. Количество реакторов на подстанции – 1.

Таким образом, суммарная экономия ОАО «РЖД» при условии внедрения РЖФА-6500 на всех тяговых подстанциях постоянного тока может составить
4200 тыс. руб. • 1500 = 6,3 млрд руб./год
со сроком окупаемости чуть менее трёх лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые расчёты показали, что внедрение реакторов нового типа с пониженным омическим сопротивлением при сроке окупаемости около трёх лет обладает высокой инвестиционной привлекательностью. Помимо этого, такое внедрение обеспечивает ранее недостижимые технические эффекты, связанные с безопасностью движения поездов и отказоустойчивостью силового оборудования и токоведущих частей. Несмотря на то, что многие сопутствующие эффекты впрямую не удаётся оценить, сравнительная эффективность эксплуатации РЖФА-6500 оказалась достаточно высокой. Актуализация полученных результатов может быть выполнена по итогам опытно-промышленной эксплуатации устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бей Ю. М., Мамошин Р. Р., Пупынин В. Н. Тяговые подстанции. – М.: Транспорт, 1986. – 319 с.

2. Давыдова И. К., Попов Б. И., Эрлих М. В. «Справочник по эксплуатации тяговых подстанций и постов секционирования». 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1978. – 416 с.

3. Федоров А. А., Попов Ю. П. Эксплуатация электрооборудования промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 280 с.

4. Дураков Д. Н., Лобынцев В. В., Устинов В. С., Бадёр М. П., Шорников Э. Н., Бурсук В. И. Моделирование процессов отключения токов короткого замыкания в тяговой сети постоянного тока с использованием нового реактора сглаживающего фильтроустройства РЖФА-6500 // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2018. – № 6. – С. 13–18.

5. СТО Газпром РД 1.12-096-2004.

6. НК РФ. Глава 30 «Порядок исчисления налога на имущество организаций».

7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов. Утв. Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике от 21.06.1999 г. № ВК477.

8. СНиП 4.02-91 «Сборник сметных норм и расценок на строительно-монтажные работы», Сборник 28 «Железные дороги».

9. Тарифы на электроэнергию в Екатеринбурге и Свердловской области. С 1 июля 2018 года. www/energovopros.ru/spravochnik/elektrosnab zhenie/tarify-na-elektroenergiju/sverdlovskaya_oblast/50765/.

10. Правила устройства и технической эксплуатации контактной сети электрифицированных железных дорог (ЦЭ-868). – М.: Транспорт, 2002. – 184 с.

11. Электрические железные дороги: Учебник / Под ред. В. П. Феоктистова, Ю. Е. Просвирова. – Самара: СамГАПС, 2006. – 312 с.

12. Фрайфельд А. В., Бондарев Н. А., Марков А. С. Устройство, монтаж и эксплуатация контактной сети. – М.: Транспорт, 1986. – 336 с.

13. Вашурин А. А., Лапин В. Б., Прусаков М. Б. Справочник электромеханика тяговой подстанции. – М.: Транспорт, 1964. – 425 с.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-100-112

Technical and Economic Specifications of a New Type of Smoothing Reactors





Dmitry N. DURAKOV **Vladimir V. LOBYNTSEV** **Stanislav S. POLEV**

Durakov, Dmitry N., *National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia.*
Lobyntsev, Vladimir V., *Russian University of Transport, Moscow, Russia.*
Polev, Stanislav S., *National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia*.*

ABSTRACT

The technical and economic indicators of introduction of new type of smoothing reactors are calculated considering the features of the operating conditions of traction power supply systems of direct current 3,5 kV. Based on the data provided by operating and installation organizations, an assessment was made of cost indicators of catenary system repairs. The main financial items were formed, on the basis of which the calculation of net income and net present value was carried out in order to determine the payback period of investment costs.

The payback period based on the calculations (a little more than three years for equipment related to fixed assets with an assigned service life of twenty-five years) indicates a high level of investment attractiveness of a new type of smoothing reactor. The suggested method allows calculations using a large number of physical and operational parameters that affect the economic performance of the device.

Keywords: railway transport, net present value, present value, payback period, investment, traction substation, catenary system, overhead line, catenary system burnout, reactor with low ohmic resistance, investment costs.

---

*Information about the authors:
Durakov, Dmitry N. – research engineer of Kurchatov complex of nuclear transport energy technologies of National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia, Durakov_DN@nrcki.ru.
Lobyntsev, Vladimir V. – Ph.D. (Eng), associate professor of the department of Transport electric power engineering, Russian University of Transport, Moscow, Russia, Lobyntsev_VV@nrcki.ru.
Polev, Stanislav S. – economist of Kurchatov complex of nuclear transport energy technologies of National Research Center «Kurchatov Institute», Moscow, Russia, stpolev@yandex.ru.

Article received 14.02.2019, accepted 16.05.2019.

For the original Russian text please see p. 100.

Introduction. At present, at traction DC substations on Russian railways, depending on the rectifier unit used, smoothing reactors of RBFAU-6500/3250 type with various inductances are installed in the traction current return circuit [1, p. 282]. The inductance of the reactor can vary from 1,5–12,5 mH through switching of windings or the number of sections connected in series, based on the conditions for ensuring electromagnetic compatibility [2, p. 211].

At the same time, all equipment of traction substations must be resistant to overloads, being unloaded the main part of the operating time, because the average effective value of the traction current can be 4 or more times different from its peak values, due, for example, to the start of electric rolling stock (ERS). Overload resistance or installed capacity margin determines the high cost of capital costs and the relatively low coefficient of use of this equipment [3, p. 124].

The introduction of RZhFA-6500 reactor at the traction power supply facilities can significantly reduce losses, thereby reducing the cost of centralized purchase of electricity from a wholesale supplier. Besides, the results of mathematical modeling suggest that the use of RZhFA-6500 significantly reduces the thermal and electrodynamic effects of short-circuit currents on power equipment, switching devices and current-carrying parts of traction substations, as well as overhead wires. In almost 100 % of cases of occurrence of arc short circuits, it is possible to avoid burning and annealing of the wires of the catenary system [4].

The *objective* of the study was to develop a methodology and evaluate the cost indicators of catenary system repairs, calculate net income and net present value in order to determine the payback period of investment costs when introducing a reactor of a certain type.

The authors used general scientific and economic research *methods*, engineering analysis.

Evaluation of economic efficiency and return on investment

As indicators of economic efficiency, the authors assumed:

• net income as the difference between the volume of revenues and the volume of investment costs;

• net present value as the difference between the volume of revenues for the periods (years) of the operational phase reduced to the start of the event in accordance with the discount rate used in the calculations and the amount of investment costs;

• payback period as a point in time when the total amount of revenues becomes equal to the volume of investment costs;

• discounted payback period as a point in time when the total amount of revenues brought to the point at which the event begins becomes equal to the volume of investment costs;

• profitability index.

To assess the effectiveness of investments, discounted cash flows are used that reflect cash inflows and outflows during the project implementation. The cash balance for each period is adjusted taking into account the reduction factor:

$$\alpha_t = \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (1)$$

where E is discount rate for projects in the field of railway transport (for the purposes of calculation it is taken equal to 0,1);

t – number of the calculation step.

The net present value (NPV) for the accounting period, reduced to the starting point at the discount rate, which is determined by the formula [5, p. 23]:

$$NPV = \sum_{t=0}^{T} (P_t - Z_t)\alpha, \quad (2)$$

where P_t is cash inflow in the year t;

Z_t – cash outflow in the year t, excluding depreciation deductions, but including investments;

α – reduction factor.

The following groups of cash receipts are included in P_t cash inflows, mainly for operating activities:

• effect obtained due to implementation of the proposed measure;

• depreciation deductions.

The following groups of expense items are included in cash outflows Z_t:

• costs of construction, installation and commissioning;

• ongoing operating costs;

• investments for purchase of equipment;

• profit tax;

• property tax.

Calculations of tax payments on property are performed according to the formula [6]:

$$N_u = \varphi \cdot \sum_{i=1}^{n} \sum_{t=1}^{T} (K_{ti} - DD_{ti} \cdot t_{ti}) , \quad (3)$$

where K_{tj} – capital investments in implementation of the i-th technique or technology for the calculation period up to year 1, rub.;

$i = 1, 2, ..., n$, where the number of new equipment with different service life within the framework of the project under consideration;

DD_{ti} – depreciation deductions for the i-th technique or technology in the year t, rub.;

t_{tj} – years of the calculation period for the i-th technique or technology,

$t_{ij} = 1$ during commissioning of the i-th fixed assets;

ϕ – property tax rate (2,2 %/100).

Profit tax T is calculated by the formula:

$$T_p = (P_{(t)} - Z_{m(t)}) \cdot p, \quad (4)$$

where $Z_{m(t)}$ – current expenses in the year t, including depreciation, rub.;

p – profit tax rate (p = 20,0 %/100).

When evaluating the result $P_{(t)}$ from sale of products, when the valuation is associated with cost savings, profit tax is calculated according to the formula:

$$T_p = (Z'_{m(t)} - Z_{m(t)}) \cdot p, \quad (5)$$

where $Z'_{m(t)}$ – current expenses for the «no project» option in the year t, rub.;

$Z_{m(t)}$ – current expenses for the «with the project» option in the year t, rub.

The profitability index [7] shows the value in rubles of income that falls on each invested ruble of investments:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^{T} (P_t - Z_{mt}) \alpha_1}{K_1 \sum_{t=0}^{T} \alpha_1}, \quad (6)$$

where K – capital investment at the t-th step;

$Z_{m(t)}$ – current expenses excluding capital investments and depreciation deductions;

α – reduction factor in the year t.

The payback period of investments or return on investment represents the period from the start of the project, beyond which the integral effect becomes positive. The payback period determines time after which the initial investment is reimbursed at the expense of net proceeds, calculated from the base point in time. To determine the payback period, equation is used:

$$\sum_{t=0}^{T\,payback} (P_t - Z_{mt}) \alpha_1 = \sum_{t=0}^{T\,payback} K_t \cdot \alpha_1 , \quad (7)$$

where P_t – cash inflow at the t-th step;

K_t – capital investments at the t-th step;

Z_{mt} – current expenses without account of capital investments and depreciation deductions;

α – reduction factor at the step t.

The formation of costs for construction, installation and commissioning is based on the cost of delivery of a serial sample of RZhFA-6500, expected at the level of 11 151 000 rub. including VAT, volumes and estimated cost of work performed by a specialized installation company at the traction substation facility of JSC Russian Railways [8, section 3]:

• rental of a crane (8 hours): 12 000 rub. VAT included;

• cost of labor of installers-riggers based on the volume of 32 man-hours at a tariff rate of 600 rub. per standard hour, total: 19 200 rub.;

• cost of labor of electricians based on the volume of 16 man-hours at a tariff rate of 625 rub. per standard hour, total: 10 000 rub.;

• amount of deductions to extra-budgetary funds on wages of installers will be 8 760 rub.;

• total cost of installation of RZhFA-6500 will be 49 960 rub. VAT included.

The dismantling of an old type reactor RBFA-U-6500/3250 includes its disconnection from live parts, removal and disposal of non-ferrous metal windings, in connection with which the cost of performing these works can be calculated using the following formula:

$$C = P_{ut.f.m.} M_{n.f} - M_{eq} P_{ut.n.f} + 30\ \%, \quad (8)$$

where $M_{eq.}$ – mass of dismantled equipment (kg);

$M_{n.f.}$ – mass of non-ferrous metal contained in the equipment (kg);

$P_{ut.n.f.}$ – price of utilization of 1 kg of non-ferrous metal (rub. with VAT);

$P_{ut.f.m.}$ – price of utilization of 1 kg of ferrous metal (rub. with VAT);

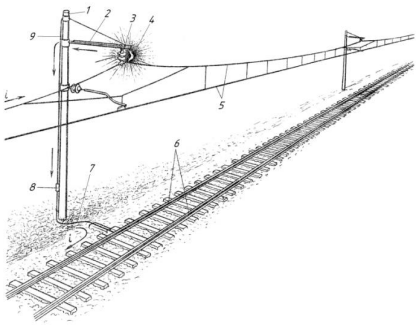
30 % –allowance for dismantling and removal.

Using the expression (8) we determine the cost of construction, installation and commissioning in numerical terms, which will be:

(5500 kg • 110 rub.) – ((7800 kg • 9,5 rub.) + 30 %) = 580 670 rub.

Consequently, from each utilized reactor of RBFA-U-6500/3250 type, an income can be obtained of 580 670 rub. VAT included.

The formation of current operating costs within the framework of the adopted financial model is associated with the periodic check of



Pic. 1. Insulator flashover and arc on the messenger wire:
1 – support, 2 – cross-arm, 3 – insulator, 4 – arc, 5 – catenary system: messenger wire and contact wire, 6 – rails, 7 – cable for group grounding of the supports, 8 – spark gap, 9 – bus connecting metal parts mounted on a support.

the state of electrical insulation and inductance parameters of a new type of reactor blocks. With respect to expert assessment, the costs of verification activities will not exceed 2 % of the cost of RZhFA-6500, that is, 150 000 rub. per year VAT included.

The calculation of the volume of investments for purchase of equipment, as well as the calculation of taxes associated with performing verification operations, are not given, because they are not decisive in this context and are carried out according to the internal standards of companies connected by a single technological process.

To assess reduction of electric energy losses during introduction of a new type of reactors JSC Transenergo – a branch of JSC Russian Railways provided data on the average daily value of the traction current of Grigoryevskaya, which is one of the constantly loaded traction substations of DC railway network, the value was 2757,81 A. Therefore, the power loss of electric energy in operating reactors such as RBFA-U-3250/6500 per day:

$\Delta W_{\text{RBFA day}} = (I_{\text{av. day}} K_{\text{ef.}})^2 R_{\text{RBFA}} \cdot h =$
$(2757{,}8 \cdot 1{,}2)^2 \cdot 0{,}006 \cdot 24 = 1577{,}08$ kW • h,

where $I_{\text{av.day}}$ is average daily current of the substation (according to 2015 data);

K_{ef} – current efficiency coefficient (average value selected);

R_{RBFA} – active resistance of RBFA type reactor;

h – number of hours in a day.

In reactors of RZhFA-6500 type with aluminum windings with a cross section of 2970 mm^2 the power loss of electric energy per day will be:

$\Delta W_{\text{RZhFA day}} = (I_{\text{av. day}} K_{\text{ef.}})^2 R_{\text{RZhFA}} \cdot h =$
$(2757{,}8 \cdot 1{,}2)^2 \cdot 0{,}0015 \cdot 24 = 394{,}27$ kW • h,

where R_{RZhFA} – active resistance of RZhFA type reactor.

In terms of the year, the losses will be:

$\Delta W_{\text{RBFA year}} = \Delta W_{\text{RBFA day}} \cdot k \cdot 365 =$
$1577{,}08 \cdot 1{,}25 \cdot 365 = 719542{,}66$ kW • h,

where k is correction factor taking into account the increased heating of RBFA reactor

$\Delta W_{\text{RZhFA year}} = \Delta W_{\text{RZhFA day}} \cdot k \cdot 365 = 394{,}27 \cdot$
$1 \cdot 365 = 143908{,}55$ kW • h.

The weighted average purchase price of electricity at Sverdlovsk railway for 2018 is 3,83 rub. per 1 kW • h [9]. Then the cost of electricity losses is:

$\Delta C_{\text{RBFA}} = \Delta W_{\text{RBFA year}} \cdot 3{,}83 = 2755848{,}39$ rub.;

$\Delta C_{\text{RZhFA}} = \Delta W_{\text{RZhFA year}} \cdot 3{,}83 = 551169{,}75$ rub.

The damage from burnout of the contact wire can vary greatly depending on each specific case, but for evaluative calculations, we consider the simplest and most frequent case of thermal damage to the contact wire.

Using the Statistical Emergency Analyzer, or the SEA instrument, developed by the team of the Department of Transport electric power engineering of Russian University of Transport and installed on one of the traction substations of the railway St. Petersburg–Moscow, statistical data were collected in real time mode, which showed that 90 % of short circuits cases were caused by faults at the electric rolling stock (ERS). At the same time, the total number of shutdowns per year per double switch of one of the feeders of the catenary system is about 100 (on this line), and this number per a depot supply feeder is about 500, that is 5 times higher. In 30–40 % (the average figure for network of railways [10, p. 110]) of cases, the shutdown was caused by an arc short circuit (see Pic. 1). For the feeder of the railway depot, this percentage is much higher.

We take the average estimated number of short circuits per traction substation feeder per year to be 35. In this case, contact wire burnout occurs in 6–8 % of cases (which can also be related to automatic recloser, for calculation we take 7 %), in total 2,5 cases of short circuit per year for each feeder result in a burnout of

Table 1

Type of an accident	Frequency, 1/year	Damage per a case, mln rub.	Risk, mln rub./year
Contact wire burnout	10	0,16	1,6
Significant accident caused by short circuit	0,3	1	0,3
Total:			1,9

the contact wire. The minimum number of feeders at traction substations of main railways is 4 pcs [11, p. 169], therefore, all feeder zones fed by a traction substation account for 10 cases of contact wire burnouts per year.

Fault removal following contact wire (CW) burnout at main track necessitates stopping of traffic along the affected track, and first the train dispatcher needs to organize movement along one track in both directions, then the shunting diesel locomotive must maneuver (tow) the train to the adjacent track to free up the site for recovery works [12, p. 289]. After that, the team of catenary repairmen starts repair work, which on average takes about 1 hour (in the simplest case).

According to the data provided by JSC Transelektromontazh, it is possible to calculate the amount of costs required to eliminate one CW burnout:

- work of a railcar: 800 rub./h;
- inspection of the anchor section and adjustment: 27206 rub./km (in case of 2 CW);
- cost of a running meter of a contact wire is 222,5 rub.;
- present value is indicated using 2000 prices; for their conversion into 2018 fourth quarter prices (period of calculations), an index of 3,63 should be used;
- length of the anchor section on the Russian railway network is of 1600 m (1,6 km), in some (extreme) cases it is of 1800 m (1,8 km).

For calculation, we take 1,6 km:

$P = (1,6 \cdot 27206 + 800 + (2 \cdot 222,5)) \cdot 3,63 =$ 162532 rub., excluding costs of violations of schedules of trains and maneuvers.

Total damage per year at all feeder zones fed by one traction substation is $P = 162532 \cdot 10 =$ 1625320 rub. ≈ 1,6 mln rub.

About 3 % of the total number of short circuits across the entire railway network have severe and extremely serious consequences, the damage from which is difficult to be assessed. For example, non-disconnection of a dead short circuit by a high-speed circuit-breaker (a contact wire and a rail are connected without forming an electric arc) leads to the need to replace a part of the contact wire within the haul at the short circuit point, which is also done through stopping movement in this section and replacing the high-speed circuit-breakers) [13, p. 103]. Direct damage from such cases is about 1 mln rub. (the cost of one set of feeder circuit-breakers, which must be replaced, is 800 000 rub. without taking into account damage to conductor lines and related equipment). More serious accidents are also possible, which occur much less frequently (once per 5–10 years throughout the Russian Railways network), but no one can completely exclude the probability of their occurrence. These accidents are associated with the complete failure of the traction substation equipment (e.g. Moscow–Mytishchi section, spring 2005). Such accidents entail severe consequences in violation of the train schedule (losses only with regard to the equipment of the traction substation can amount to 10 to 30 mln rub., depending on its type and installed capacity, data provided by JSC Mosgiprotrans). For an optimistic assessment of direct damage caused by accidents to a typical traction substation and all feeder zones it feeds, we will refer to Table 1.

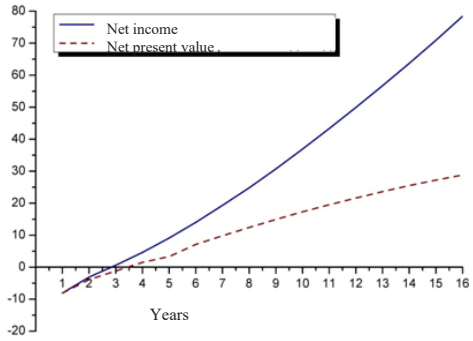
The use of a reactor of RZhFA-6500 type instead of obsolete one in the traction current return circuit will significantly reduce the damage caused by thermal and electrodynamic effects of short-circuit currents, as well as the risk of feeder circuit-breakers failure thanks to twice bigger limitation of the rate of change of current and its steady-state value. A 100 % reduction in the risks of developing emergencies and related damage provides additional savings of 1,9 mln rub. excluding damage associated with violation of the train schedule. At the same time, the total savings per a single traction substation due to a reduction in electricity losses (2,314 mln rub./year) and a reduction in damage from short circuits (1,9 mln rub./year) will be of ≈ 4,2 million rub./year.

Based on the results of assessment of total damages in monetary terms, implied by design and operation features of the catenary system resulting in highly frequent short

Table 2

The effect of introducing a new reactor model at a single traction substation

Net income, rub.	78 369 490
NPV (rate 10 %), rub.	28 796 956
Internal rate of return (IRR), %	57 %
Payback period, years	2,8
Profitability index	4,6



Pic. 2. The graph of return on investment costs.

circuits, and using the expressions (1)–(7) presented above, the payback periods of investment costs for implementation of RZhFA-6500 at traction substations of the JSC Russian Railways network were calculated. The calculation results have a graphical (Pic. 2) and the numerical representation shown in Table 2.

The total effect of introduction of RZhFA-6500 can be determined under the following assumptions:

1. The length of DC sections on the Russian railway network is ~ 23 000 km.

2. The number of DC traction substations (based on 1 substation per 15 km of track) is ~ 1500.

3. The number of reactors at the substation is 1.

Thus, the total savings of JSC Russian Railways when introducing RZhFA-6500 at all DC traction substations can amount to 4 200 thous. rub. • 1,500 = 6,3 bln rub./year with a payback period of slightly less than three years.

Conclusion. The calculations showed that introduction of a new type of reactor with low ohmic resistance and with a payback period of about three years has a high investment attractiveness. Besides, its introducing provides previously unattainable technical effects related to safety of train traffic and the fault tolerance of power equipment and live parts. Despite the fact that many of the concomitant effects cannot be directly estimated, the comparative operational efficiency of RZhFA-6500 turned out to be quite high. Updating the results obtained can be carried out based on the results of the pilot operation of the device.

REFERENCES

1. Bey, Yu. M., Mamoshin, R. R., Pupynin, V. N. Traction substations [*Tyagovie podstantsii*]. Moscow, Transport publ.,1986, 319 p.

2. Davydova, I. K., Popov, B. I., Erlikh, M. V. Guide to operation of traction substations and sectioning posts [*Spravochnik po ekspluatatsii tyagovykh podstantsii i postov sektsionirovaniya*]. 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Transport publ., 1978, 416 p.

3. Fedorov, A. A., Popov, Yu. P. Operation of electrical equipment of industrial enterprises [*Ekspluatatsiya elektrooborudovaniya promyshlennykh predpriyatii*].Moscow, Energoatomizdat publ., 1986, 280 p.

4. Durakov, D.N., Lobyntsev, V.V., Ustinov, V.S., Bader, M.P., Shornikov, E.N., Bursuk, V. I. Modeling of processes of switching off short-circuit currents in a traction DC network using a new reactor with smoothing filter device RZhFA-6500 [*Modelirovanie protsessov otklyucheniya tokov korotkogo zamykaniya v tyagovoi seti postoyannogo toka s ispolzovaniem novogo reaktora sglazhivayushchego filtustroistva RZhFA-6500*]. *Elektronika i elektrooborudovanie transporta*, Iss.6, 2018, pp. 13–18.

5. STO [Standard] Gazprom RD1.12-096-2004.

6. Tax Code of the Russian Federation. Chapter 30 «The procedure for calculating tax on property of organizations» [*NK RF. Glava 30 «Poryadok ischisleniya naloga na imushchestvo organizatsii»*].

7. Guidelines for assessing the effectiveness of investment projects. Approved by the Ministry of Economy of the Russian Federation, the Ministry of Finance of the Russian Federation, the State Committee of the Russian Federation for construction, architecture and housing policy dated 21.06.1999, No. VK477 [*Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov. Utv. Ministerstvom ekonomiki RF, Ministerstvom finansov RF, Gosudarstvennim komitetom RF po stroitelnoi, arkhitekturnoi i zhilishchnoi politike ot 21.06.1999 No. VK477*].

8. SNiP 4.02-91 «Collection of estimated norms and prices for construction and installation works», Collection 28 «Railways» [*SNiP 4.02-91 «Sbornik smetnykh norm i rastsenok na stroitelno-montazhnie raboty», Sbornik 28 «Zheleznie dorogi»*].

9. Tariffs for electricity in Yekaterinburg and Sverdlovsk region valid from July 1, 2018 [*Tarify na elektroenergiyu v Ekaterinburge i Sverdlovskoi oblsti. S1 iyulya 2018 goda*]. www/energovopros.ru/spravochnik/elektrosnab zhenie/tarify-na-elektroenergiju/sverdlovskaya_oblast/50765/.

10. Rules for the design and technical operation of the catenary system of electrified railways (CE-868) [*Pravila ustroistva i tekhnicheskoi ekspluatatsii kontaktnoi seti elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog (TsE-868)*]. Moscow, Transport publ., 2002, 184 p.

11. Electric Railways: Textbook [*Elektricheskie zheleznie dorogi: Uchebnik*]. Ed. by V. P. Feoktistov, Yu. E. Prosvirov. Samara, SamGAPS publ., 2006, 312 p.

12. Freifeld, A. V., Bondarev, N. A., Markov, A. S. Arrangement, installation and operation of the overhead line [*Ustroistvo, montazh i ekspluatatsiya kontaktnoi seti*]. Moscow, Transport publ., 1986, 336 p.

13. Vashurin, A. A., Lapin, V. B., Prusakov, M. B. Handbook of electromechanics of traction substation [*Spravochnik elektromekhanika tyagovoi podstantsii*]. Moscow, Transport publ., 1964, 425 p. ●

«ЗЕЛЁНОЕ» ФИНАНСИРОВАНИЕ

ОАО «РЖД» и Министерство экономического развития Российской Федерации договорились о сотрудничестве в сфере финансирования и реализации инфраструктурных проектов, применяющих технологии, безопасные для экологии.

Соответствующий меморандум был подписан на Петербургском международном экономическом форуме генеральным директором – председателем правления ОАО «РЖД» Олегом Белозёровым и главой Минэкономразвития России Максимом Орешкиным.

Документ предусматривает совместные действия в части развития проектов железнодорожной отрасли, в том числе с использованием средств, привлечённых через механизмы «зелёного» финансирования.

В частности, в рамках сотрудничества ОАО «РЖД» готово рассмотреть возможность пилотного размещения «зелёных» облигаций на российском рынке для апробации механизмов «зелёного» финансирования.

Справочно:

Доля железнодорожного транспорта в загрязнении окружающей среды России составляет менее 1 % по выбросам и сбросам вредных веществ в окружающую среду. Ежегодно на электрической тяге перевозится 85 % грузов и 86 % пассажиров.

В ОАО «РЖД» принята Экологическая стратегия, направленная на достижение целей и задач государственной политики в области экологического развития, также реализуется программа по ресурсосбережению. Ежегодно ОАО «РЖД» вовлекает в хозяйственный оборот свыше 70 % отходов производства, в том числе металлолом, железобетонные отходы, золошлаки, отходы бумаги, картона, масел и другие.

К 2025 году ОАО «РЖД» планирует снизить выбросы загрязняющих веществ на 18 %, парниковых газов – на 4,5 %, загрязнённых сточных вод – на 18 %.

На основе пресс-релиза ОАО «РЖД»: http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=654&layer_id=4069&refererLayerId=3307&page3307_810=2&id=93925 ●

«GREEN» FINANCING

Russian Railways and the Ministry of Economic Development of the Russian Federation have agreed to cooperate on financing and implementing infrastructure projects using environmentally safe technologies.

A memorandum to that effect was signed at the St. Petersburg International Economic Forum by the Chief Executive Officer and Chairman of the Board of Russian Railways Oleg Belozerov and Russia's Minister of Economic Development Maxim Oreshkin.

The document provides for joint action in the development of railway projects, including using funds raised through «green» financing mechanisms.

Within the framework of cooperation, JSC Russian Railways is ready to consider in particular the possibility of placing «green» bonds on the Russian market on a pilot basis in order to test «green» financing mechanisms.

Reference:

The share of rail transport in pollution of nature in Russia is less than 1 % in terms of emissions and discharges of harmful substances into the environment. Every year, 85 % of cargo and 86 % of passengers are transported using electric traction.

The Russian Railways adopted an Environmental Strategy aimed at achieving the goals and objectives of the public policy in the field of environmental development, and a program on resource conservation is also being implemented. Every year, Russian Railways reuse more than 70 % of waste, including scrap metal, concrete waste, ash and slag, paper waste, cardboard, oils and others.

By 2025, Russian Railways plan to reduce emissions of pollutants by 18 %, greenhouse gases by 4,5 %, contaminated wastewater by 18 %.

Compiled from the news of JSC Russian Railways: http://eng.rzd.ru/newse/public/en?STRUCTURE_ID=15&layer_id=4839&refererLayerId=5074&id=107503 ●

УДК 338.5
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-114-121

Совершенствование тарифов на транспортные услуги населению с учётом их социальной значимости



Кулачинская Анастасия Юрьевна *– Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия*.*

Анастасия КУЛАЧИНСКАЯ

Обосновывается необходимость разработки механизма расчёта тарифов на транспортные услуги населению, учитывающего социальную значимость пассажирских перевозок как смешанного общественного блага и международный опыт. Предложены формула расчёта социального тарифа и организационно-экономический механизм развития регионального рынка транспортных услуг населению, в том числе на примере Санкт-Петербурга, а также выделены его ключевые принципы.

По мнению автора, необходимо предложить механизм расчёта тарифов на транспортные услуги населению, основанный не только на затратах перевозчиков, но и на учёте экономических интересов пассажиров. Предлагается рассчитывать социальный или социально ориентированный тариф, учитывающий средний доход граждан, среднее количество ежемесячных поездок, долю расходов на транспорт из общего месячного дохода и долю поездок по проездным билетам. При этом тариф на транспортные услуги населению не должен превышать социальный тариф.

Предложенное понятие «организационно-экономический механизм развития регионального рынка транспортных услуг населению» включает совокупность принципов, целей, объекта и субъектов, а также ключевых элементов механизма – организационных и экономических. Такой подход позволяет учитывать интересы всех участников рынка транспортных услуг при формировании тарифов.

Базовыми принципами такого механизма должны выступать: целенаправленность, паритетность, системность, комплексность, социальность, прозрачность, результативность.

Ключевые слова: общественное благо, транспорт, транспортные услуги, общественный транспорт, социальный тариф.

---

*Информация об авторе:
Кулачинская Анастасия Юрьевна – ведущий специалист Института энергетики и транспортных систем Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия, assistentkulachinskaya@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 29.04.2019, принята к публикации 11.06.2019.

For the English text of the article please see p. 118.

Транспортные услуги населению по всем своим характеристикам, включая регулирование стоимости проезда и организацию перевозок на региональном уровне, относятся к местному смешанному общественному благу [1, с. 122].

Позиция автора заключается в том, что под общественным благом следует понимать жизненно важное благо, обеспечивающее минимальные потребности населения, но не участвующее в рыночных отношениях и не подвергающееся воздействию его механизмов. Отсюда становится очевидной актуальность проблемы совершенствования тарифов на транспортные услуги населению, в первую очередь, с точки зрения их социальной значимости.

Цель работы – предложение и обоснование механизма совершенствования тарифов на транспортные услуги населению с учётом их социальной значимости.

В рамках исследования автором использованы общенаучные *методы*, стоимостные, нормативно-параметрические и экономические методы.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Проблема совершенствования процесса тарифообразования на рынке транспортных услуг населению традиционно поднимается во многих трудах отечественных и зарубежных учёных. Тема транспортных услуг населению актуальна для всех стран с развитой транспортной системой, и раскрыта, в частности, в трудах А. В. Рязановой, В. Е. Бессонова, Е. Б. Лермана, С. В. Ануреева и др.

Анализ процесса ценообразования на рынке транспортных услуг в Санкт-Петербурге показал, что при расчёте тарифов на перевозки пассажиров уполномоченными органами регулирования применяется затратный метод. Он подразумевает, что все затраты, непосредственно связанные с оказанием транспортных услуг населению, складываются с планируемой прибылью и делятся на количество перевезённых пассажиров [2].

По мнению автора, при установлении тарифов на транспортные услуги, являющиеся социально ориентированными, необходимо учитывать финансовые возможности пассажиров. Социальная значимость пассажирских перевозок обуславливает необходимость удовлетворения ожиданий потребителей услуг и самое главное – учёта их экономических интересов. Механизмы учёта социальной значимости транспортных услуг населению различны.

В таких странах, как Беларусь [3] и Российская Федерация, пассажирские перевозки частично субсидируются для того, чтобы стоимость проезда была ниже экономической себестоимости, и, соответственно, граждане оплачивали не 100 % реальной стоимости проезда. В отечественных трудах встречается утверждение, что «субсидирование пассажирского транспорта является неотъемлемой составляющей его успешного функционирования» [4, с. 220].

В других странах государством покрывается большая часть расходов на транспортные услуги населению. Так, в Сиднее (Австралия), государством субсидируется около 2/3 затрат на перевозку [4, с. 219].

Отдельные страны пришли к решению вообще отказаться от введения платы за проезд в пассажирском транспорте, но с некоторыми условиями. Так, в Эстонии (Таллинн) транспортные услуги местному населению являются бесплатными, в то время как туристы обязаны оплачивать проезд по установленному официально тарифу [5]. Похожая ситуация наблюдается в Люксембурге, где с 2019 года планируется сделать весь общественный транспорт бесплатным [6].

И, наконец, достаточно редким явлением можно считать финансирование пассажирского транспорта на основе полного покрытия расходов перевозчиков за счёт платы за проезд. Такая схема действует, например, в городах Гонконг, Буэнос-Айрес, Куритиба [7, с. 42].

Как небезосновательно отмечает Е. Б. Лерман, «мировой опыт управления пассажирским транспортом показывает, что при всех их различиях существует одна общая специфика данной отрасли – её убыточность, в связи с чем государство принимает на себя обязательство по финансированию городского общественного транспорта» [8, с. 79].

В статье С. В. Ануреева [9, с. 4] представлен анализ зарубежного опыта, на основании которого сделан вывод, что «системы общественного транспорта не являются самоокупаемыми и нуждаются в весомых бюджетных субсидиях», при этом справедливо отмечается, что граждане фактически платят за проезд дважды: при непосредственной поездке и при оплате налогов в бюджет, из которого выделяются субсидии на общественный транспорт.



Рис. 1. Принципы организационно-экономического механизма развития регионального рынка транспортных услуг населению.

Из всего вышесказанного следует, что социальная значимость пассажирских перевозок неоспорима. По мнению автора, необходимо предложить механизм расчёта тарифов на транспортные услуги населению в Санкт-Петербурге, основанный не только на затратах перевозчиков, но и на учёте экономических интересов пассажиров.

Предлагается рассчитывать социальный или социально ориентированный тариф (далее – $Т_{соц}$), учитывающий средний доход граждан, среднее количество ежемесячных поездок, долю расходов на транспорт из общего месячного дохода и долю поездок по проездным билетам. При этом тариф на транспортные услуги населению не должен превышать социальный тариф.

Таким образом формула расчёта социального тарифа выглядит следующим образом:

$$Т_{соц} = \frac{З_{ср.мес.} \cdot Ур.транс.}{Кп.мес.} \cdot Д_{пр.}, \quad (1)$$

где $Т_{соц}$ – социальный тариф; $З_{ср.мес.}$ – среднемесячная номинальная заработная плата; $У_{р.транс.}$ – уровень ежемесячных расходов на транспорт; $К_{п.мес.}$ – количество ежемесячных поездок; $Д_{пр.}$ – доля поездок по проездным билетам.

При этом авторская позиция заключается в том, что тариф, установленный для населения, должен быть меньше или равен тарифу социальному, как указано в условии ниже:

$$Т_{ф} \leq Т_{соц}. \quad (2)$$

Предлагаемая автором формула расчёта социального тарифа (1) и условие (2) представляют собой часть алгоритма формирования тарифов, являющегося одним из экономических элементов механизма развития регионального рынка транспортных услуг населению.

Понятие «организационно-экономический механизм развития регионального рынка транспортных услуг населению» понимается автором как совокупность принципов, целей, объекта и субъектов, а также ключевых элементов механизма – организационных и экономических. Такой подход позволяет учитывать интересы всех участников рынка транспортных услуг при формировании тарифов.

Базовыми принципами такого механизма, по мнению автора, должны выступать: целенаправленность, паритетность, системность, комплексность, социальность, прозрачность, результативность (рис. 1).

Организационно-экономический механизм развития регионального рынка транспортных услуг населению представлен ниже (рис. 2). Субъекты механизма – это перевозчики, пассажиры и органы власти, объектом механизма является процесс формирования тарифов на проезд.

Организационные элементы включают в себя: схему субсидирования пассажирского транспорта, правовую базу и этапы формирования тарифов на проезд [10, с. 71]. Так, схема субсидирования пассажирского транспорта отражает все авторские предложения по усовершенствованию процесса выделения бюджетных средств перевозчикам [10, с. 68]. Под правовой базой понимается наделение органа регулирования тарифов – Комитета по тарифам Санкт-Петербурга полномочиями по согласованию объёма субсидий перевозчикам вместе с Комитетом по транспорту и Комитетом финансов Санкт-Петербурга. Этапы формирования тарифов на проезд обобщают все авторские предложения и, таким образом, организационно воздействуют на процесс формирования тарифа на транспортные услуги населению.

Экономические элементы организационно-экономического механизма – это тарифное регулирование пассажирского транспорта, экономический анализ затрат перевозчиков и алгоритмизация процесса формирования тарифа. Тарифное регулирование пассажирского транспорта подразумевает не только расчёт экономически обоснованного тарифа, но и расчёт социального тарифа, предложенного автором выше.

Экономический анализ затрат перевозчиков – это выявление затрат перевозчиков, которые должны обеспечиваться за счёт государства в качестве чистого общественного блага, но не включаться в тариф. Алгоритмизация процесса формирования тарифа обобщает указанные выше мероприятия – тарифное регулирование и экономический анализ затрат – и предполагает построение алгоритма формирования тарифа на пассажирском транспорте.

Предлагаемый выше механизм позволяет собрать воедино организационные и экономические элементы, воздействующие на процесс формирования тарифов, а также сделать акцент на социальной значимости пассажирских перевозок за счёт выделения пассажиров как одного из субъектов механизма.

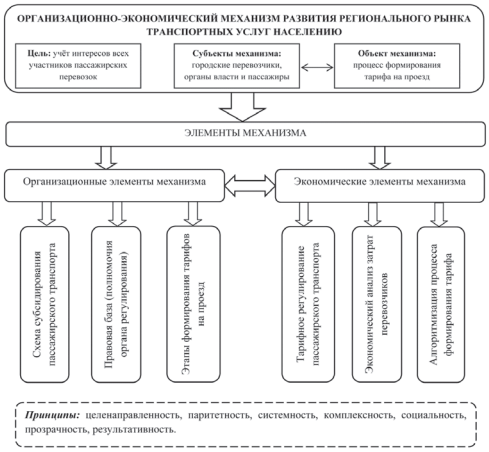


Рис. 2. Организационно-экономический механизм развития регионального рынка транспортных услуг населению.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Транспортные услуги населению – это смешанное общественное благо. Исходя из этого, в полной мере обоснованной является необходимость разработки формулы расчёта социального тарифа, учитывающей средний доход граждан, среднее количество ежемесячных поездок, долю расходов на транспорт из общего месячного дохода и долю поездок по проездным билетам. При этом базовым является условие, что тариф на транспортные услуги населению не должен превышать социальный тариф.

Предложенные нововведения являются составляющими предлагаемого автором организационно-экономического механизма развития регионального рынка транспортных услуг населению.

Данный механизм, преследуя цель учёта интересов всех участников рынка транспортных услуг и делая акцент на социальной значимости пассажирских перевозок, тем самым решает проблему совершенствования тарифов на транспортные услуги населению в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулачинская А. Ю. Транспортная безопасность как чистое общественное благо // Современные аспекты экономики и управления: Сборник статей / Под ред. Д. Г. Родионова. – СПб.: Астерион, 2018. – С. 121–124.

2. Распоряжение Комитета по тарифам Санкт-Петербурга от 12.09.2016 № 104-р «Об утверждении Порядка установления тарифов на перевозки пассажиров и багажа наземным пассажирским маршрутными транспортом общего пользования и метрополитеном на территории Санкт-Петербурга, перечня документов, предоставляемых для их установления, а также Методических рекомендаций по расчёту тарифов на перевозки пассажиров и багажа наземным пассажирским маршрутными транспортом общего пользования и метрополитеном на территории Санкт-Петербурга». [Электронный ресурс]: https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/energ_kom/documents/ other_documents/6166/. Доступ 25.05.2019.

3. В Беларуси началось повышение тарифов на проезд в общественном транспорте. [Электронный ресурс]: https://thinktanks.by/publication/2018/11/24/v-belarusi-nachalos-povyshenie-tarifov-na-proezd-v-obschestvennom-transporte.html. Доступ 25.05.2019.

4. Рязанова А. В. Зарубежный опыт финансирования городского пассажирского транспорта общего пользования // Учёные заметки ТОГУ. – 2016. – Т. 7. – № 4. – С. 218–220.

5. Как в Таллине сделали бесплатным общественный транспорт. [Электронный ресурс]: https://www.the-village.ru/village/city/abroad/165845-kak-obschestvennyy-transport-tallina-stal-besplatnym. Доступ 25.05.2019.

6. Luxembourg to become first country to make all public transport free. [Электронный ресурс]: https://www.theguardian.com/world/2018/dec/05/ luxembourg-to-become-first-country-to-make-all-public-transport-free. Доступ 25.05.2019.

7. Бессонов В. Е. Разработка методики бюджетного субсидирования предприятий городского пассажирского транспорта // Имущественные отношения в Российской Федерации. – 2005. – № 11. – С. 42–52.

8. Лерман Е. Б. Экономика предприятий городского пассажирского транспорта. Омск: СибАДИ. – 2016. – 82 с.

9. Ануреев С. В. Столкновение теорий бюджетного субсидирования, платных государственных услуг и фискальной монополии (на примере Московского метрополитена и в контексте мирового опыта) // Финансы и кредит. – 2016. – № 14 (686). – С. 2–24.

10. Кулачинская А. Ю., Кудрявцева Т. Ю. Совершенствование организационно-экономического механизма формирования тарифов на городском пассажирском транспорте // Фундаментальные исследования. – 2018. – № 9. – С. 64–72.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-114-121

Improvement of Tariffs for Urban Public Transportation Taking into Account their Social Significance



Kulachinskaya, Anastasia Yu., *Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia*.*

Anastasia Yu. KULACHINSKAYA

ABSTRACT

The necessity of developing a mechanism for calculating tariffs for urban public transportation, taking into account international practices and the social importance of passenger transportation as a mixed public good, is substantiated. A formula for calculating a social tariff and an organizational-economic mechanism for development of a regional market of transport services to the population (at the example of St. Petersburg) are proposed, and its key principles are highlighted.

According to the author, it is necessary to suggest a mechanism for calculating tariffs for transport services to the population, based not only on the costs of carriers, but also on the basis of economic interests of passengers. It is proposed to calculate a social or socially oriented tariff, taking into account the average income of citizens, the average number of monthly trips, the share of transportation costs in the total monthly income and the share of trips with multiple travel tickets. At the same time, the tariff for transport services to the population should not exceed the social tariff.

The suggested concept of «organizational and economic mechanism for development of a regional market for transport services to the population» includes a set of principles, goals, facilities and subjects, as well as key elements of the mechanism comprising organizational and economic ones. This approach allows us to take into account the interests of all participants in the transport services market while developing of tariffs.

The basic principles of such a mechanism should be: focused objectives, parity, consistency, complexity, sociality, transparency, effectiveness.

Keywords: public good, transport, transport services, public transport, social tariff.

---

*Information about the author:
Kulachinskaya, Anastasia Yu. – leading specialist of the Institute of Energy and Transport Systems of Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia, assistentkulachinskaya@gmail.com.

Article received 24.05.2019, accepted 11.06.2019.

For the original Russian text please see p. 114.

Introduction. Transportation services provided to the population in all their characteristics, including regulation of the fare and organization of transportation at the regional level, belong to the local mixed public good [1, p. 122].

The position of the author is that the public good means a vital good, ensuring minimum needs of the population, but not participating in market relations and not exposed to its mechanisms. Considering that point it is obvious that the problem of improving tariffs for urban public transportation is important, primarily from the point of view of their social significance.

The *objective* of the work is to propose and justify the mechanism for improving tariffs for transportation services provided to population, taking into account their social significance.

Methods of the study. As part of the study, the author used general scientific methods, value, regulatory, parametric and economic methods.

Results.

The problem of improving the process of tariff formation in the market of urban passenger transportation has traditionally been raised in many works of domestic and foreign scientists. The topic is relevant for all countries with a developed transport system, and is disclosed, in particular, in the works of A. V. Ryazanova, V. E. Bessonov, E. B. Lerman, S. V. Anureev, etc.

The analysis of the pricing process in the transport services market in St. Petersburg showed that the cost-based method is used when calculating fares for passengers. It implies that all costs directly related to provision of transport services to the population, add up with the planned profit and are divided by the number of passengers carried [2].

According to the author, when setting tariffs for transport services that are socially oriented, it is necessary to take into account the financial possibilities of passengers. The social importance of passenger transportation necessitates meeting the expectations of consumers of services and, most importantly, taking into account their economic interests. The mechanisms of accounting for social importance of transport services to the population are different.

In countries such as Belarus [3] and the Russian Federation, passenger transportation is partially subsidized to ensure that the fare is lower than the economic cost and, accordingly, citizens do not pay 100 % of the real fare. There is a statement in domestic works that «subsidizing passenger transport is an integral part of its successful functioning» [4, p. 220].

In other countries, the public administration covers most of the cost of transport services to the population. So, in Sydney (Australia), the state subsidizes about 2/3 of transportation costs [4, p. 219].

Some countries came to the decision to refuse at all to introduce fare in passenger transport, but with certain conditions. For example, in Estonia (Tallinn) transport services to the local population are free of charge, while tourists are required to pay the fare at the officially established rate [5]. A similar situation is observed in Luxembourg, where from 2019 it is planned to make all public transport free [6].

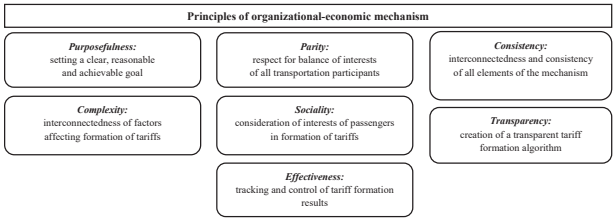
And, finally, financing of passenger transport on the basis of full coverage of carriers' costs at the expense of the fare can be considered as a rather rare phenomenon. Such a scheme operates, for example, in the cities of Hong Kong, Buenos Aires, Curitiba [7, p. 42].

As E. B. Lerman reasonably notes, «the world experience in passenger transport management shows that, for all their differences, there is one common specificity of this industry – its unprofitability, and therefore the state undertakes to finance urban public transport» [8, p. 79].

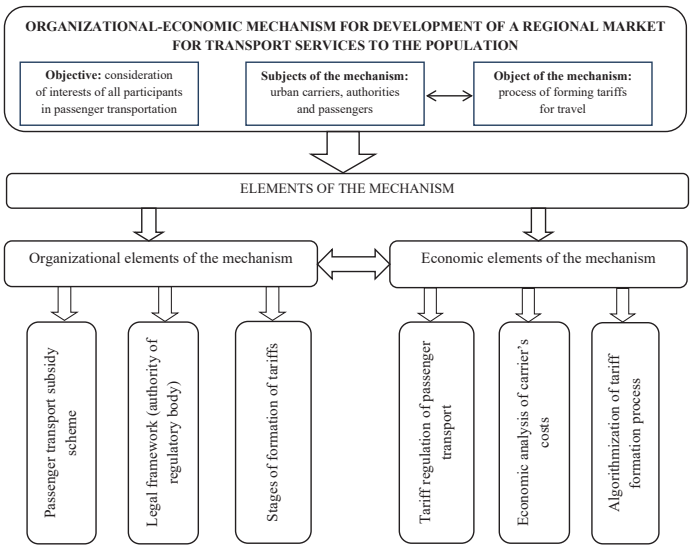
The article of S. V. Anureev [9, p. 4] presents an analysis of international experience, on the basis of which it was concluded that «public transport systems are not self-sufficient and need substantial budgetary subsidies», while rightly noting that citizens actually pay the fare twice: directly paying their travel fare and when paying taxes to the [local] budget that subsidies public transit.

From the foregoing it follows that the social significance of passenger transportation is indisputable. According to the author, it is necessary to propose a mechanism for calculating tariffs for transport services provided to St. Petersburg residents, based not only on the costs of carriers, but also on taking into account the economic interests of passengers.

It is proposed to calculate a social or socially oriented tariff (hereinafter – T_{soc}), taking into account the average income of citizens, the average number of monthly trips, the share of transportation costs in total monthly income and the share of trips using multiple travel tickets. At the same time, the tariff for urban public transportation should not exceed the social tariff.



Pic. 1. Principles of organizational-economic mechanism for development of a regional market of public transportation services.



Pic. 2. The organizational-economic mechanism for development of a regional market of public transportation services.

Principles: focused objectives, parity, consistency, complexity, sociality, transparency, effectiveness.

Thus, the formula for calculating the social tariff looks like this:

$$T_{soc} = \frac{S_{av.mon.} \cdot L_{c.trans.}}{N_{t.mon.}} \cdot S_{tr.}, \quad (1)$$

where T_{soc} – social tariff; $S_{av.mon.}$ – average monthly nominal wages; $L_{c.trans.}$ – level of monthly transportation costs; $N_{t.mon.}$ – number of monthly trips; $S_{tr.}$ – share of trips using multiple travel tickets.

In this case, the author's position is that the tariff set for the population should be less than or equal to the social tariff, as indicated in the condition below:

$$T_f \leq T_{soc}. \quad (2)$$

The formula proposed by the author for calculating the social tariff (1) and the condition (2) are part of the tariff formation algorithm, which is one of the economic elements of the mechanism for developing the regional market of public transportation services.

The concept of «organizational and economic mechanism for development of a regional market for transport services to the population» means, according to the author, a set of principles, goals, objects and subjects, as well as key elements of the mechanism comprising organizational and economic ones. This approach allows us to take into account the interests of all participants in the transportation services market while developing the tariff system.

According to the author, the basic principles of such a mechanism should be: focused objectives, parity, consistency, complexity, sociality, transparency, effectiveness (Pic. 1).

The organizational-economic mechanism for development of a regional market for transport services to the population (or of public transportation) is presented in Pic. 2. The subjects of the mechanism are carriers, passengers and authorities, the object of the mechanism is the process of forming travel tariffs.

Organizational elements include: passenger transport subsidy scheme, legal framework, and stages of formation of tarrifs [10, p. 71]. Thus, *passenger transport subsidy scheme* reflects all the author's proposals for improving the process of allocating budgetary funds to carriers [10, p. 68]. *The legal framework* is empowerment of the tariffs by regulating body, St. Petersburg Tariff Committee, with powers to coordinate the

volume of subsidies to carriers along with Transport Committee and Finance Committee of St. Petersburg. The stages of formation of tariffs summarize all the author's proposals and, thus, organizationally affect the process of formation of the tariff for transport services to the population.

Economic elements of the organizational-economic mechanism are: tariff regulation of passenger transport, economic analysis of carrier's costs and algorithmization of tariff formation process. *Tariff regulation of passenger transport* implies not only calculation of an economically sound tariff, but also calculation of the social tariff proposed by the author above. *Economic analysis of carrier's costs* is identification of carrier's costs, which should be idemnified at the expense of the public bodies as a net public good, but not be included in the tariff. *Algorithmization of tariff formation process* summarizes the above measures – tariff regulation and economic cost analysis – and involves construction of an algorithm for formation of a tariff for passenger transportation.

The mechanism proposed above makes it possible to put together organizational and economic elements that affect the process of tariff formation, and also to focus on the social significance of passenger transportation by identifying passengers as one of the subjects of the mechanism.

Conclusion. Transportation services provided to the population is a mixed public good. On this basis, the need to develop a formula for calculating the social tariff, taking into account the average income of citizens, the average number of monthly trips, the share of transportation costs in total monthly income and the share of trips using multiple travel tickets, is fully justified. In this case, the basic condition is that the tariff for urban passenger transportation should not exceed the social tariff.

The proposed innovations are components of the organizational-economic mechanism proposed by the author for development of a regional market of transporttion services provided to city residents.

This mechanism, pursuing the goal of taking into account the interests of all participants in the transportation services market and focusing on the social importance of passenger transportation, thereby solves the problem of improving tariffs for transportation services provided to the population.

REFERENCES

1. Kulachinskaya, A. Yu. Transport safety as a pure public good [*Transportnaya bezopasnost' kak chistoe obshchestvennoe blago*]. In: Modern aspects of economics and management: Collection of articles. Ed. by D. G. Rodionov. St. Petersburg, Asterion publ., 2018, pp. 121–124.

2. The order of Tariff Committee of St. Petersburg of 12.09.2016 No. 104-r «On approval of the Procedure for establishing tariffs for carriage of passengers and baggage by land passenger public transport and metro in St. Petersburg, the list of documents provided for their establishment, as well as the Methodological Recommendations for calculation of tariffs for carriage of passengers and baggage by land passenger route public transport and metro in St. Petersburg» [*Rasporyazhenie Komiteta po tarifam Sankt-Peterburga ot 12.09.2016 No. 104-r «Ob utverzhdenii Poryadka ustanovleniya tarifov na perevozki passazhirov i bagazha nazemnym passazhirskim marshrutnym transportom obshchego polzovaniya i metropolitenom na territorii Sankt-Peterburga, perechnya dokumentov, predostavlyaemykh dlya ikh ustanovleniya, a takzhe Metodicheskikh rekomendatsii po raschetu tarifov na perevozki passazhirov i bagazha nazemnym passazhirskim marshrutnym transportom obshchego polzovaniya i metropolitenom na territorii Sankt-Peterburga»*].

3. Belarus has begun raising fares for public transport [*V Belarusi nachalos' povyshenie tarifov na proezd v obshchestvennom transporte*]. [Electronic resource]: https://thinktanks.by/publication/2018/11/24/v-belarusi-nachalos-povyshenie-tarifov-na-proezd-v-obschestvennom-transporte.html. Last accessed 25.05.2019.

4. Ryazanova, A. V. Foreign experience in financing urban public passenger transport [*Zarubezhniy opyt finansirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta obshchego polzovaniya*]. *Uchenie zametki TOGU*, 2016, Vol. 7, Iss. 4, pp. 218–220.

5. How public transport was made free in Tallinn [*Kak v Talline sdelali besplatnym obshchestvenniy transport*]. [Electronic resource]: https://www.the-village.ru/village/city/abroad/165845-kak-obschestvennyy-transport-tallina-stal-besplatnym. Last accessed 25.05.2019.

6. Luxembourg to become first country to make all public transport free. [Electronic resource]: https://www.theguardian.com/world/2018/dec/05/ luxembourg-to-become-first-country-to-make-all-public-transport-free. Last accessed 25.05.2019.

7. Bessonov V. E. Development of the method of budget subsidies for enterprises of urban passenger transport [*Razrabotka metodiki byudzhetnogo subsidirovaniya predpriyatii gorodskogo passazhirskogo transporta*]. *Imushchestvennie otnosheniya v Rossiiskoi Federatsii*, 2005, Iss. 11, pp. 42–52.

8. Lerman, E. B. Economics of urban passenger transport enterprises [*Ekonomika predpriyatii gorodskogo passazhirskogo transporta*]. Omsk, SibADI, 2016, 82 p.

9. Anureev, S. V. A clash of theories of budget subsidies, paid public services and fiscal monopoly (at the example of Moscow Metro and in the context of world experience) [*Stolknovenie teorii byudzhetnogo subsidirovaniya, platnykh gosudarstvennykh uslug i fiskalnoi monopolii (na primere Moskovskogo metropolitena i v kontekste mirovogo opyta)*]. *Finansy i kredit*, 2016, Iss. 14 (686), pp. 2–24.

10. Kulachinskaya, A. Yu., Kudryavtseva, T. Yu. Improvement of organizational-economic mechanism of tariff formation in urban passenger transport [*Sovershenstvovanie organizatsionno-ekonomicheskogo mekhanizma formirovaniya tarifov na gorodskom passazhirskom transporte*]. *Fundamentalnie issledovaniya*, 2018, Iss. 9, pp. 64–72.

УДК 656.02
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-122-138

Взаимодействие морского и железнодорожного транспорта на примере порта Актау



Салтанат БАДАМБАЕВА



Елена БОРОДИНА



Евгения ПРОКОФЬЕВА

Бадамбаева Салтанат Ергазиевна *– Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан.*
Бородина Елена Викторовна *– Российский университет транспорта, Москва, Россия.*
Прокофьева Евгения Сергеевна *– Российский университет транспорта, Москва, Россия*.*

Исследован грузооборот морских портов Каспийского бассейна, рассмотрены основные морские порты Республики Казахстан, дана характеристика их портовых комплексов, отмечено их значение для транспортного потенциала страны. Проанализированы показатели перевалки грузов в морском торговом порту Актау, исследованы его железнодорожная и морская инфраструктура, составлен SWOT-анализ железной дороги на подходах к порту, выявлены его сильные и слабые стороны, установлены основные формы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта и сферы их эффективного применения.

Показано, что техническая вооружённость порта и припортовых железнодорожных устройств играют большую роль в обеспечении дальнейшего роста грузооборота портов Казахстана. Сформулированы основные задачи оптимального взаимодействия морского и железнодорожного транспорта в портовом транспортном узле. Сделан вывод о необходимости разработки модели рационального взаимодействия портового комплекса и железнодорожного транспорта с целью повышения пропускной способности портовых и железнодорожных устройств, сокращения простоев вагонов и локомотивов на станциях и причалах, а также снижения себестоимости железнодорожных перевозок в порту.

Ключевые слова: портовый транспортный узел, морской порт, портовый комплекс, грузооборот, перевалка грузов, железнодорожная инфраструктура, припортовый железнодорожный узел, причальный комплекс, взаимодействие морского и железнодорожного транспорта.

---

*Информация об авторах:
Бадамбаева Салтанат Ергазиевна – старший преподаватель Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан, saltasha77@mail.ru.
Бородина Елена Викторовна – кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия, borodinayer@mail.ru.
Прокофьева Евгения Сергеевна – кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия, eskolesnikova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.04.2019, принята к публикации 05.06.2019.

For the English text of the article please see p. 131.

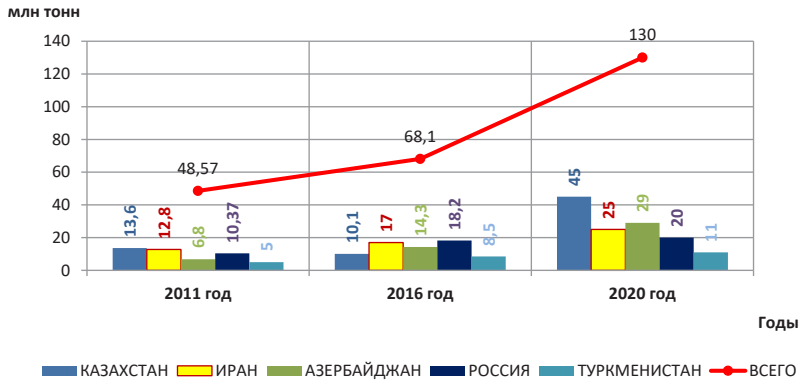


Рис. 1. Прогноз грузооборота морских портов стран Каспийского бассейна, млн тонн [2].

Портовые транспортные узлы (ПТУ) включают в себя портовый комплекс – морской порт с его объектами и инфраструктурой; припортовый железнодорожный узел со станциями, парками, грузовыми районами, внутриузловыми линиями, различными устройствами по обслуживанию вагонов и локомотивов и другими; промышленный, автомобильный, трубопроводный и городской транспорт. Главная роль ПТУ заключается в перевалке грузов с морского на сухопутные виды транспорта и обратно, то есть, в осуществлении экспортно-импортных перевозок.

Кроме того, важнейшая роль транспортных узлов, имеющих в составе морские порты, состоит в обеспечении транспортной независимости и обороноспособности государства, в развитии направлений для продвижения транзитного грузопотока. В морских портах реализуется национальная морская, таможенная и пограничная политика, осуществляется государственный портовый контроль. Задачей государственного масштаба является направление грузопотоков через свои порты, а не через порты сопредельных стран.

Целью исследования являлся анализ грузооборота морских портов Республики Казахстан и их портовых комплексов, основных форм взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в портовом транспортном узле. Использовались общенаучные *методы*, статистический, SWOT-анализ, системный анализ, методология анализа бизнес-процессов.

МОРСКИЕ ПОРТЫ КАЗАХСТАНА

Исследование морских перевозок в Каспийском бассейне и анализ грузооборота показали [1], что все главные порты Прикаспийских государств проводят работу по увеличению производственных мощностей и модернизации портовой инфраструктуры. В частности, в течение последних лет проведены работы по созданию дополнительных мощностей в портах Астрахань, Оля, Туркменбаши, Анзали, завершено строительство первой очереди порта Амирабад.

Одним из основных грузообразующих государств в Каспийском бассейне является Казахстан, основные экспортируемые грузы – нефть, металл, зерно, удобрения. Систему портов и морских линий Казахстана представляют пять портов на Каспии: Актауский морской торговый порт (АМТП); порт (грузовой район) Баутино; порт Курык, предназначенный для перевалки нефтеналивных грузов и паромных перевозок; порт Атырау, находящийся в дельте реки Урал, и строящийся порт Сартас на берегу Мангистауского залива.

Порт Актау является единственным морским торговым портом и крупнейшим из пяти морских портов Республики Казахстан, управляющей компанией которого является акционерное общество «Национальная компания «Актауский морской торговый порт (АО «НК «АМТП»). Порт лидирует по грузообороту среди десяти международных морских торговых портов Каспийского бассейна.

Порт (грузовой район) Баутино (в 124 км к северу от Актау) является базой снабжения

Таблица 1

Портовые комплексы основных морских портов Казахстана

	Морской порт Актау	Порт Баутино	Порт Курык
Территория, га	81,7	1,5	4,0
Характеристика порта	незамерзающий	незамерзающий	незамерзающий
Пропускная способность	11 млн тонн нефти, 2 млн тонн сухих грузов	150 тыс. тонн сухих грузов	1,3 млн тонн нефтии сухих грузов
Количество причалов	7 сухогрузных, 4 нефтеналивных причала	1 причал длиной 125 м	2 причала железнодорожного и автомобильного комплекса.
Инфраструктура порта	Подъездные ж.д. пути, склады продукции	Подъездные автомобильные пути	Подъездной ж.д. путь12,5 км, 2 ж.д. парка, подъёмно-переходный мост, паромная переправа для транспортировки железнодорожных составов
Характеристика грузов	Металл, зерно, нефть	Металл, трубы, судовое снабжение иоборудование	Зерно, нефтепродукты, удобрения, химикаты



Рис. 2. Структура грузов порта Актау в процентах.

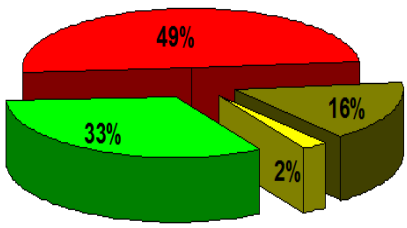


Рис. 3. Процентное соотношение перевалки грузов страны Каспийского бассейна.

нефтяных месторождений на северо-востоке Каспия, а порт Курык (в 70 км на юг от Актау) – строительной базой для нефтяных плавучих платформ. Порт Сартас, в 130 км от Актау, находится в стадии строительства и предназначен для поддержки морских операций и быстрого реагирования на потребности по техническому обслуживанию морских объектов (ремонт и заправка судов, очистка хозяйственно-бытовых отходов и др.).

Характеристика трёх основных морских портов представлена в таблице 1.

Располагаясь на стыке Европы и Азии, на пересечении нескольких транспортных коридоров, морской порт Актау позволяет обеспечивать перевозку грузов с востока на запад, с севера на юг и в обратном направлении, развиваясь в рамках проекта «Новый шёлковый путь», направленного на реализацию транзитного потенциала Республики Казахстан.

Порт Актау является незамерзающим и осуществляет свою деятельность 12 месяцев в году и 24 часа в сутки. Порт круглый год открыт для захода судов всех типов при условии обеспечения безопасности мореплавания в портовых водах и безопасной стоянки. При силе ветра свыше 18 м/с вход в порт и выход из него, а также грузовые операции приостанавливаются.

В среднем структура перевалки грузов согласно [3, с. 6] порта Актау в процентах представлена на Рис. 2.

На рис. 3 показано, что около половины всех грузоперевалок (49 %) порт Актау производит в направлении России, в направлении Азербайджана – 33 %, Ирана – 16 %, Туркменистана – 2 %.

Как видно из анализа грузопотоков (рис. 4), общий объём перевозок в порту Актау к 2009 году увеличился в 1,4 раза. Это стало результатом проведённой реконструкции порта в начале двухтысячных годов.

Проект реконструкции [4] не ограничивался улучшением производственных возможностей, но предусматривал также повы-

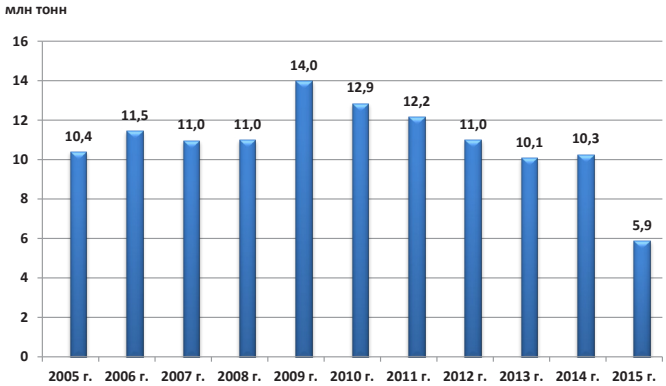


Рис. 4. Динамика перевалки всех грузов в порту Актау за период 2005–2015 гг., млн тонн.

Таблица 2

Количественные показатели по перевалке грузов за 2016–2017 гг.

№ п/п	Показатель	Факт 2016, тыс. тонн	План 2017, тыс. тонн	Факт 2017, тыс. тонн	Отклонение, %	
					Факт 2017 к плану 2017	Факт 2017 к факту 2016
1	Нефть	2321	2678	1437	53,7	61,9
2	Металл	1268	1300	365	28,1	28,8
3	Зерно	528	500	494	98,8	93,6
4	Другие грузы	267	256	177	69,1	66.3
5	Паромные грузы	1081	517	560	108,3	51,8
	ИТОГО:	5465	5251	3033	57,8	55,5

шение квалификации работников порта, введение в действие новейших технологий, системы маркетинга, делопроизводства, менеджмента. В 2011 году проведена большая работа по автоматизации систем управления, введению новейшей системы статистического учёта грузооборота, автоматизации расчётов, оформлению, что объясняется рядом причин, одна из которых – переключение перевалки нефтегрузов на трубопровод. Ключевые индикаторы, количественные показатели по перевалке грузов за 2016–2017 гг. по данным [1] представлены в таблице 2 и на рис. 5.

Анализируя данные показатели, можно сделать вывод, что по итогам 2017 года общая перевалка грузов составила 3,033 млн тонн. По сравнению с 2016 годом общий объём перевалки грузов снизился на 2,432 млн тонн или на 45,5 %. Но уже в первом квартале 2018 года по данным [1] отправка грузов через порт Актау выросла на 45 % по сравнению с аналогичным периодом 2017 года.

Проведённый анализ перевалки грузов в АМТП показал что, несмотря на спад фактического грузооборота к 2016 году (5,5 млн тонн) по всей номенклатуре грузов почти на 50 % от показателей 2013–2014 гг. (в среднем 11,5 млн тонн), согласно прогнозам на среднесрочную перспективу, основными грузами, переваливаемыми через порт Актау, как и прежде, будут нефть, прокат чёрных металлов, зерно, транзитные грузы из Китая, России и стран Персидского залива. Предполагаются привлечение новых грузопотоков в порт, улучшение собственной маркетинговой политики, увеличение пропускной способности за счёт строительства новых сухогрузных терминалов, перевода погрузочно-разгрузочных работ на автоматический режим, увеличения транспортного парка. Это позволит обеспечить рост общего объёма грузоперевозок с 11,5 млн тонн до 20,5 млн тонн к 2020 году.

В настоящее время порт Актау работает по международным стандартам системы управления (ИСО 9001) и отвечает требо-

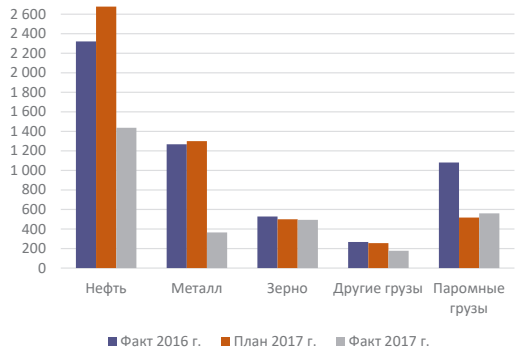


Рис. 5. Диаграмма количественных показателей порта Актау по перевалке грузов за 2016–2017 гг. [1].

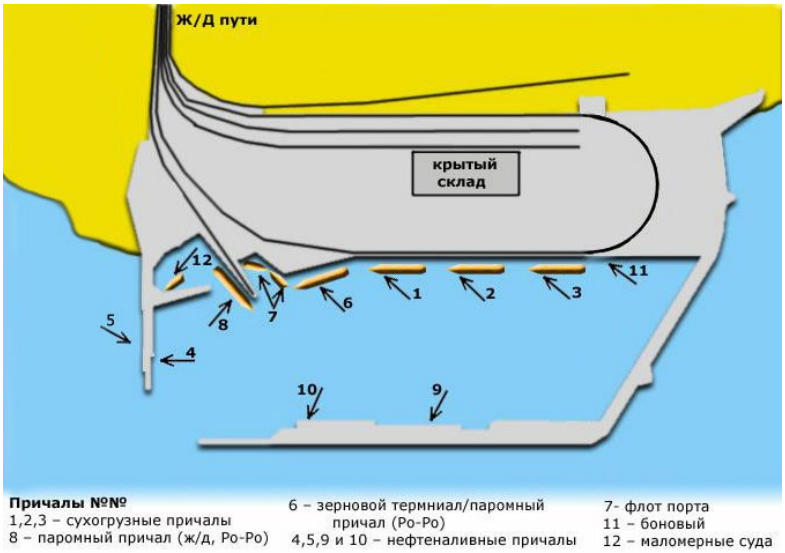


Рис. 6. Схема расположения причалов в порту Актау [3].

ваниям безопасности мореплавания и обслуживания судов. На территории порта установлен режим в рамках специальной экономической зоны «Морпорт Актау».

Согласно Программе дальнейшего развития Международного центра приграничного сотрудничества «Хоргос» на 2007–2011 годы морской порт Актау [5, 6] определён как стратегический порт-регулятор в структуре Единой транспортно-логистической системы Среднеазиатского транспортно-промышленного коридора.

Порт Актау имеет все виды подъездных путей, смежную инфраструктуру по сливу, наливу и хранению нефти и нефтепродуктов. В порту на условиях аренды земельных участков функционируют самостоятельные специализированные транспортные организации.

На основе Свода обычаев Актауского международного морского торгового порта [7], причальный комплекс имеет (Рис. 6): 12 причалов, из них: 5 наливных причалов с проектной мощностью 10,4 млн тонн в год (причалы № 4, № 5, № 9, № 10, № 11), 2 универсальных сухогрузных терминала (генеральный груз/контейнеры) с проектной мощностью 1,5 млн тонн в год (причалы № 1, № 3), зерновой терминал с проектной мощностью 600 тыс. тонн и единовременным хранением 25 тыс. тонн зерна, причал для тяжеловесов и швартовки паромов ро-ро (причал № 6), паромный комплекс пропускной способностью 1млн тонн грузовв год (причал № 8), генеральный причал для грузов/контейнеров и швартовки парома типа ро-ро (причал № 2), паромный причал № 8, причал № 7

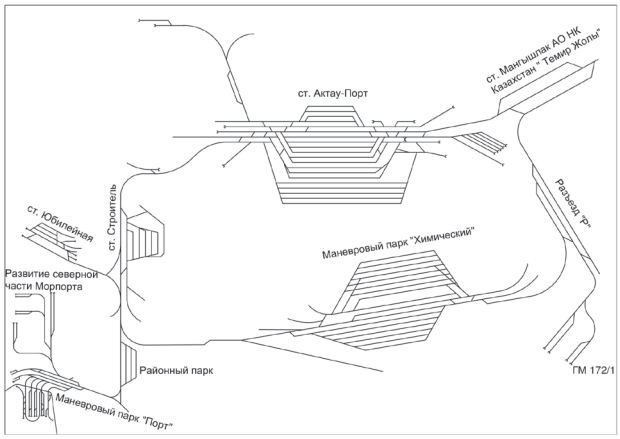


Рис. 7. Припортовый железнодорожный узел морского порта Актау.

для портового флота, причал № 12 для маломерных судов. Максимальная пропускная способность: нефтеналивные причалы –12 млн тонн, сухогрузные причалы – 2 млн тонн, зерновой терминал – 0,6 млн тонн, паромный причал – 2 млн тонн.

В порту имеется следующее оборудование: портальные краны грузоподъёмностью от 10 до 42 тонн; мобильные краны грузоподъёмностью от 36 до 84 тонн; автопогрузчики грузоподъёмностью от 1,6 до 28 тонн; экологическое оборудование для ликвидации пролива нефти. Порт располагает следующим портовым флотом: т/х «Батыр» – портовый буксир-кантовщик – 2700 л.с.; т/х «Женис» – портовый буксир-кантовщик – 1700 л.с.; «Булак» – сборщик льяльных и фекальных вод; нефтемусоросборщик НМС-205А.

Исходя из анализа инфраструктуры портового комплекса Актау, можно сделать вывод, что порт:

- Имеет большие складские площади.
- Обладает высоким инвестиционным потенциалом (1 место в Каспийском регионе).
- Входит в программы Международных транспортных коридоров «Север–Юг» и «Восток–Запад».
- Располагает широкомасштабной государственной поддержкой.
- Имеет современное оборудование.
- Обеспечивает высокие качество и скорость перевалочных работ.
- Ведёт активную маркетинговую деятельность.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ

Для выбора рациональной системы обслуживания морских портов железнодорожным транспортом рассмотрим систему припортового железнодорожного узла на примере морского порта Актау (Рис. 7) и рассмотрим SWOT-анализ его железнодорожной инфраструктуры, представленной в таблице 3 согласно [8].

Анализ железнодорожной инфраструктуры, а также выявленные SWOT-анализом слабые и сильные стороны показывают, что отсутствие специализированного контейнерного терминала с надлежащим погрузочно-разгрузочным оборудованием для контейнеров и площадок для их хранения позволяет обрабатывать на универсальном сухогрузном причале только 20-футовые контейнеры массой брутто не более 10 тонн. Перевалка контейнера с борта судна на платформу занимает 7 минут в расчёте на один контейнер, площадка для хранения имеет ограниченную площадь (примерно на 120 контейнеров), что отражается на очень высоких тарифах на перевалку контейнеров (более 350 долларов США за контейнер).

В порту имеется незначительное число приёмных запасных железнодорожных путей. Четырёх путей, которые обслуживают грузовые потоки в направлении порта и из него, а также на близлежащие терминалы, недостаточно. Именно их дефицит является основным препятствием на пути к повышению пропускной способности и вызывает задержки по уборке порожних вагонов и по подаче следующей партии загруженных вагонов на терминалы.

Таблица 3

SWOT-анализ системы железнодорожной инфраструктуры порта Актау

S (сильные стороны)	W (слабые стороны)
S1. Порт Актау связан с сетью железных дорог. S2. Сеть железных дорог связывает основные города Республики Казахстан. S3. Железнодорожная система связана с железными дорогами соседних стран.	W1. Не все причалы в порту оборудованы железнодорожными путями. W2. Отсутствует специализированный контейнерный терминал. W3. В порту мало разъездов. W4. Подъездные пути к порту находятся в управлении частной компании АО «Каскор-Транссервис» (КТС), что увеличивает количество участников процесса перевозок. W5. Компании КТС и АО «НК «Казахстан темир жолы» (КТЖ) применяют различные тарифы на услуги железнодорожных перевозок. W6. Существуют проблемы координации действий между органами власти и администрацией порта, КТС и КТЖ. W7. Большая протяжённость пути из Китая в порт Актау и необходимость смены тележек на другую ширину колеи.
O (возможности)	T (угрозы)
O1. План создания нового морского порта в Курыке. O2. В порту Актау могут загружаться два парома на 28 вагонов и 52 вагона соответственно. O3. Приведение железнодорожных путей на причалах к стандартной длине в 57 вагонов. O4. Возможность доступа локомотивов КТС и КТЖ в сети друг друга и в порт. O5. Возможность проведения таможенного оформления за пределами территории порта. O6. Увеличение пропускной способности железнодорожной линии КТС до 16 поездов в сутки. O7. Строительство новой железнодорожной ветки между портом и сетью КТЖ. O8. Отсутствие дефицита вагонов или платформ. O9. Строительство планируемых новых линий в Казахстане сократит продолжительность перевозок в направлении Восток–Запад. O10. Сокращение объёмов грузов, перевозимых автомобильным транспортом из Европы в Азию.	T1. Перевозка сырой нефти приведёт к сокращению контейнерных перевозок. T2. Перевозка зерна на паромах вместимостью 28 вагонов на линии Актау-Баку вместо 52 вагонов. T3. КТС уже работает на полную мощность. T4. Станция «Актау-Порт» перегружена. T5. Железнодорожная линия Бейнеу–Актау представляет собой однопутную дорогу на всём протяжении. T6. Вагоны для перевозки зерна, ожидающие загрузки, перегружают на запасные пути. T7. Сокращение объёмов международных грузоперевозок в связи с экономическим кризисом.

Наличие разных собственников железнодорожных линий (КТС и КТЖ) приводит к тому, что компания КТС устанавливает собственные тарифы независимо от КТЖ и является самостоятельной в коммерческом отношении организацией. Грузоотправителям приходится заключать два отдельных договора (с КТЖ и КТС), что препятствует использованию многими из них маршрута через станцию Актау-Порт.

Отсутствие собственных маневровых локомотивов в порту требует заключения соглашения между КТС и КТЖ о взаимном доступе локомотивов на сеть от станции Мангышлак до причалов. Такое решение позволит сократить время на маневровые операции в самом порту, на маневровые и сортировочные операции на станции Мангышлак, а также позволит упростить вагонообмен между КТЖ и компанией КТС на станции Актау-Порт, что значительно снизит нагрузку на её инфраструктуру.

Для снижения загрузки подъездных путей в порту и повышения их пропускной способности таможенное оформление грузов необходимо осуществлять за пределами территории порта (например, на станции Актау-Порт). Для максимального увеличения пропускной способности станций узла необходимо пропускать поезда из 57 вагонов, как предусмотрено договором между КТС и КТЖ.

Таким образом, на примере порта Актау, анализа грузопотоков и его портовых объектов, сильных и слабых сторон SWOT-анализа системы железной инфраструктуры порта можно сделать вывод что,

необходима разработка модели рационального взаимодействия портового комплекса и железнодорожного транспорта с целью повышения пропускной способности портовых и железнодорожных устройств, сокращения простоев вагонов и локомотивов на станциях и причалах, а также снижения себестоимости железнодорожных перевозок в транспортном узле.

На выбор рациональных технологий обслуживания портовых комплексов железнодорожным транспортом влияют следующие основные факторы: величина и структура перевалочного грузопотока, изменение его в течение навигации, расположение станционных и перевалочных районов в узле, условия поступления грузов смешанного сообщения на перевалку, организация работы узла по развозу местных грузов. Некоторые из этих факторов являются внутриузловыми и определяются лишь условиями работы рассматриваемого транспортного узла. Другие зависят от работы целого направления смешанных железнодорожно-водных сообщений или отдельной его части.

Кроме того, техническая вооружённость порта и припортовых железнодорожных устройств играет большую роль в обеспечении дальнейшего роста грузооборота, важное значение также имеет рациональная и эффективная организация перевалки грузов через порт с учётом логистических технологий, учитывающих интересы клиентов и перевозчиков и необходимых для повышения координации их деятельности на рынке транспортных услуг.

Повышение конкурентоспособности транспортной системы Казахстана и международных транспортных коридоров, проходящих по его территории, в значительной степени зависит от чёткости взаимодействия железнодорожного и морского транспорта в НК «АО «АМТП».

К числу главных задач, одновременное решение которых способствует чёткому взаимодействию этих видов транспорта, следует отнести:

• подвод вагонов к транспортному узлу в соответствии с погрузочно-выгрузочными возможностями порта по всей номенклатуре грузов;

• подвод судов к моменту накопления судовой партии для данного судна в порт;

• соответствие ёмкости складских площадей порта объёму перегружаемых грузов.

Решение этих задач возможно только при условии реализации системного подхода, в соответствии с которым все участники перевозочного процесса (грузоотправители, железнодорожные и морские перевозчики, морские порты) рассматриваются и функционируют как единая система [9, с. 91–105; 10–14].

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО И МОРСКОГО ТРАНСПОРТА

Основные формы взаимодействия железнодорожного и морского транспорта и сферы их эффективного применения приведены в таблице 4.

В настоящее время на фоне широкого внедрения автоматизированных и информационно-логистических систем, организации единого информационного пространства для участников железнодорожно-морских перевозок необходимы комплексный подход и инновационные решения в сфере управления и распределения эксплуатационной работы в морском порту. В условиях неравномерности и колебаний судозаходов в порт (влияние сезонности и погодных условий) и подачи железнодорожного подвижного состава, при непропорциональных мощностях и загрузках портовой и железнодорожной инфраструктуры, новые решения предусматривали бы установление рационального взаимодействия между железнодорожным транспортом и морским портом с учётом существующего и перспективного технического оснащения, принятой технологии работы, а также при осуществлении различных оперативно-диспетчерских мероприятий по оптимальной организации управления перевозочным процессом.

ВЫВОДЫ

Рациональное взаимодействие морского и железнодорожного транспорта в портовом транспортном узле должно предусматривать решение следующих задач:

• разработку и выполнение согласованных графиков расписаний движения судов и вагонов;

Таблица 4

Взаимодействие железнодорожного и морского транспорта в ПТУ

Форма взаимодействия	Участник взаимодействия	Элемент воздействия	Сфера эффективного применения
Операторы морских терминалов	Грузоотправитель, порт, судно	Подвод судна к определённому сроку	Соответствие количества прибывающих вагонов выгрузочным возможностям порта. Равномерное прибытие вагонов и судов
Морские и железнодорожные перевозчики	Грузоотправитель, железнодорожный перевозчик, порт, судно, иностранный порт, грузополучатель	Согласованный подвод судна к дате прибытия вагонов в порт	Соответствие количества прибывающих вагонов выгрузочным возможностям порта
Диспетчерский центр управления перевозками	Железнодорожный перевозчик, порт	Согласованный подвод вагонов к дате прибытия судна	Соответствие количества прибывающих вагонов выгрузочным возможностям порта
Управляющие транспортно-логистические центры	Грузоотправитель, железнодорожный перевозчик, порты региона, суда, иностранные порты, грузополучатели	Взаимосогласованный подвод вагонов и судов	При любых соотношениях объёма заявок грузоотправителей на погрузку в адрес портов региона и их выгрузочных возможностей

• оптимальную организацию работы погрузо-разгрузочных механизмов при перевалке грузов;

• обеспечение наилучшего использования подвижного состава по времени оборота, по статической нагрузке и другим показателям;

• автоматизацию оформления перевозочной документации, расчётов за перевозки грузов и выполнения транспортно-экспедиционных операций;

• разработку оперативного плана распределения сортировки подвижного состава по станциям при заходе в припортовый железнодорожный узел;

• оптимальную организацию труда и распределение трудовых ресурсов с целью повышения производительности труда и снижения себестоимости перевозки грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порт Актау. [Электронный ресурс]: http://www.portaktau.kz/ru/. Информационный материал. Доступ 27.04.2019.

2. Презентация «Развитие транспортно-логистической системы Республики Казахстан» вице-президента по логистике АО «НК «ҚТЖ» Е. Искалиева 20.09.12 г. на Международном транспортно-логистическом форуме «Шелковый путь», г. Алматы. [Электронный ресурс]: http://www.myshared.ru/slide/1311173/. Доступ 27.04.2019.

3. Товаропотоки порта Актау. Обзор портовой инфраструктуры Каспийского моря и порта Оля. [Электронный ресурс]: http://dereksiz.org/obzor-portovoj-infrastrukturi-kaspijskogo-morya-i-porta-olya.html?page=6. Доступ 27.04.2019.

4. Актау – «морской узел». [Электронный ресурс]: https://logistics.ru/9/23/i20_18795.htm. Доступ 27.04.2019.

5. Об утверждении программы дальнейшего развития международного центра приграничного сотрудничества «Хоргос»на 2007–2011 годы. Постановление правительства Республики Казахстан от 07.11.2006 г. № 1061.

6. Постановление правительства Республики Казахстан от 25.01.2002 г. № 110 «О плане развития республиканского государственного предприятия «Актауский морской торговый порт» на 2001–2005 годы» от 25.01.2002 г. [Электронный ресурс]: http://adilet/zan/kz/rus/docs/P020000110. Доступ 27.04.2019.

7. Свод обычаев Актауского международного морского торгового порта. Утв. приказом председателя правления (президента) АО «НК «АММТП» от 07 сентября 2016 г. № 646-п.

8. SWOT-анализ проекта Казахстанских железных дорог. [Электронный ресурс]: http://docplayer.ru/26393925-Swot-analiz-proekta-kazahstanskih-zheleznyh-dorog.html. Доступ 27.04.2019.

9. Транспортная логистика: Учебник для транспортных вузов / Под общ. ред. Л. Б. Миротина. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. –512с.

10. Бекмагамбетов М., Смирнова С. Транспортная система Республики Казахстан (современное состояние и проблемы развития): Монография. – Алматы: Print-S, 2005. – 445с.

11. Шодыраева Ш. К. Развитие Актауского международного торгового порта. Доклад на Международном экономическом форуме-2011. Каспийский государственный университет технологий и инжиниринга им. Ш. Есенова, Казахстан. [Электронный ресурс]: http://be5.biz/ekonomika1/r2001/00442.htm. Доступ 27.04.2019.

12. Мусалиева Р. Д. Региональный логистический хаб и его морские союзники // Мир транспорта. – 2015. – № 6. – С. 180–188.

13. Куанышев Б. М., Кисёлева О. Г., Бадамбаева С. Е. Стратегические аспекты развития транзитно-транспортного потенциала Казахстана // Мир транспорта. – 2015. – № 3. – С. 146–155.

14. Кенжебаева Г. Ж., Бадамбаева С. Е. Мульти модальная сеть Казахстана: проектирование этапного развития // Мир транспорта. – 2014. – № 4. – С. 88–97.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-122-138

The Interaction of Sea and Rail Transport at the Example of the Port of Aktau





Saltanat E. BADAMBAEVA **Elena V. BORODINA** **Evgeniya S. PROKOFIEVA**

Badambaeva, Saltanat E., *Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan.*
Borodina, Elena V., *Russian University of Transport, Moscow, Russia.*
Prokofieva, Evgeniya S., *Russian University of Transport, Moscow, Russia*.*

ABSTRACT

The paper analyzes the cargo turnover of the seaports of the Caspian basin, examines the main seaports of the Republic of Kazakhstan, assesses the features of their port facilities, and their importance for the country's transport potential. The study also comprises the analysis of the indicators of the transshipment of cargo in the seaport of Aktau, of its railway and maritime infrastructure, the SWOT analysis of the railways at the approaches to the port. The port's strengths and weaknesses, as well as key forms of interaction between rail and sea transport and their sphere of effective use have been identified.

It is shown that the technical capacity of the port and port rail facilities plays a considerable role in ensuring the further growth of cargo turnover of Kazakhstan's ports. Main tasks of the optimal interaction of rail and sea transport at the port transport hub are formulated. It is concluded that it is necessary to develop a model for the rational interaction between the port facilities and railways in order to increase their capacity, reduce the downtime of wagons and locomotives at stations and berths, as well as to reduce the cost of rail transportation within the port.

Keywords: port transport node, seaport hub, seaport, port complex, cargo turnover, cargo transhipment, railway infrastructure, port rail hub, berth complex, interaction between sea and rail transport.

---

*Information about the authors:
Badambaeva, Saltanat E. – senior lecturer of Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, saltasha77@mail.ru.
Borodina, Elena V. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, borodinayer@mail.ru.
Prokofieva, Evgeniya S. – Ph.D. (Eng.), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, eskolesnikova@mail.ru.

Article received 27.04.2019, accepted 05.06.2019.

For the Russian text of the article please see p. 122.

Introduction. Port transportation nodes (PTN) include a port complex: a seaport with its facilities and infrastructure; port rail hub with stations, yards, freight areas, intra-node tracks, various facilities for the maintenance of wagons and locomotives; industrial, automotive, pipeline and urban transport. The main role of the PTN is to transship cargo from the sea to land transport and back, that is to execute export and import transportation.

Besides, the most important role of transportation nodes, comprising seaports, is to ensure the transport independence and defense capacity of a state, to develop new destinations to promote transit traffic. National maritime, customs and border policies, and state port control are implemented at seaports. The task of a country is to forward cargo flows first through its ports, and not through the ports of neighboring countries.

The *objective* of the study was to analyze the cargo turnover of the seaports of the Republic of Kazakhstan and their port complexes, the main forms of interaction between rail and sea transport in the port transportation nodes. The study used statistical *methods*, SWOT analysis, system analysis, methodology of business process analysis.

Kazakhstan's seaports

The study of maritime traffic in the Caspian Sea area and the analysis of cargo turnover showed [1] that all the main ports of the Caspian States are carrying out work to increase handling capacity and to upgrade port infrastructure. During recent years, work has been carried out to develop additional capacity in the ports of Astrakhan, Olya, Turkmenbashi, Anzali. The construction of the first phase of the port of Amirabad has been completed.

Kazakhstan is one of the main cargoflows generating countries in the Caspian Sea area, its main exported goods are oil, metal, grain, fertilizers. The system of ports and sea routes of Kazakhstan is represented by five ports at the Caspian Sea: Aktau Sea Trade Port (ASTP); port (cargo area) of Bautino; Kuryk port, designed for transshipment of oil cargo and ferry transportation; Atyrau port, located in the Ural river delta, and the Sartas port under construction on the shores of the Mangistau Bay.

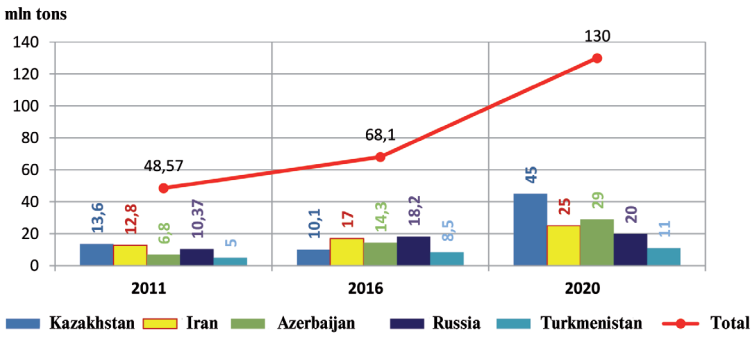
Aktau port is the only sea trade port and the largest of five seaports of the Republic of Kazakhstan, the managing company of which is JSC National Company Aktau Sea Trade Port (JSC NC ASTP). The port is the leader in cargo turnover among ten international sea trade ports of the Caspian basin.

The port (cargo area) of Bautino (124 km north of Aktau) is the base for supplying oil fields in the north-east of the Caspian Sea, the port of Kuryk (70 km south of Aktau) is the construction base for oil floating platforms. Port Sartas, 130 km away from Aktau, is under construction and is designed to support offshore operations and quickly respond to the needs for maintenance of offshore facilities (repair and refueling of ships, treatment of household waste, etc.).

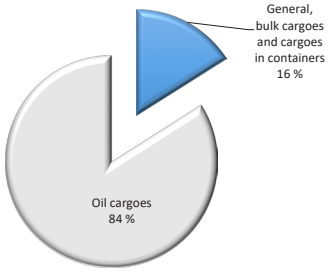
The characteristics of the three main seaports are presented in Table 1.

Located at the junction of Europe and Asia, at the intersection of several transport corridors, Aktau seaport allows for transportation of goods from east to west, from north to south and in the opposite direction, developing as part of the New Silk Road project aimed at implementing the transit potential of the Republic Kazakhstan.

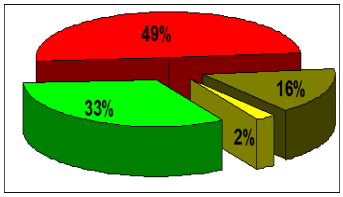
Aktau Port is ice-free and operates 12 months a year and 24 hours a day. The port is open year-round for all types of ships to enter, subject to safety of navigation in port waters and safe berthing and mooring. If the wind



Pic. 1. Forecast of cargo turnover of seaports of the countries of the Caspian basin, mln tons [2].



Pic. 2. Cargo structure of the port of Aktau as a percentage.



Pic. 3. The percentage of transshipment of goods of the country of the Caspian basin.

Table 1

Port complexes of the main seaports of Kazakhstan

	Aktau seaport	Bautino port	Kuryk port
Territory, ha	81,7	1,5	4,0
Port characteristics	non-freezing	non-freezing	non-freezing
Throughput	11 mln tons of oil, 2 mln tons of dry cargo	150 thousand tons of dry cargo	1,3 million tons of oil dry cargo
Number of berths	7 dry cargo, 4 oil berths	1 berth with a length of 125 m	2 berths of railway and road complex
Port infrastructure	Tracks, warehouses	Access road ways	Access railway 12,5 km, 2 railways fleet, drawbridge, ferry for transporting trains
Characteristics of cargoes	Metal, grain, oil	Metal, pipes, ship supply and equipment	Grain, oil products, fertilizers, chemicals

force exceeds 18 m/s, the port entrance and exit, as well as cargo operations, are suspended.

On average, the structure of cargo transshipment according to [3, p. 6] of Aktau port as a percentage is shown in Pic. 2.

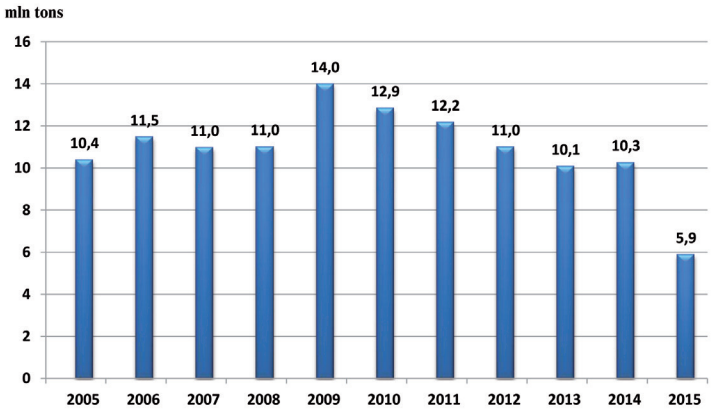
Pic. 3 shows that about a half of all cargo transshipments (49 %) are carried out by Aktau port towards Russia, while 33 % are forwarded towards Azerbaijan, followed by Iran (16 %), and Turkmenistan (2 %).

As can be seen from the analysis of cargo flows (Pic. 4), the total volume of transportation in the port of Aktau by 2009 had increased by 1,4 times. This was the result of reconstruction of the port at the beginning of the 2000s.

The reconstruction project [4] was not limited to improving production capabilities, but also provided for advanced training of port employees and workers, introduction of the latest technologies with regard to marketing systems, office work, and management. In 2011, a lot of work was done to automate control systems, introduce the latest statistics tools to monitor cargo turnover, automate calculations, which is explained by a number of reasons, one of which is switching oil transshipment to the pipeline. Key indicators, quantitative indicators of cargo transshipment for 2016–2017 according to the data of [1] are presented in Table 2 and in Pic. 5.

Analyzing these indicators, we can conclude that, according to the results of 2017, the total transshipment of goods amounted to 3,033 million tons. Compared to 2016, the total volume of cargo transshipment decreased by 2,432 million tons, or 45,5 %. But as soon as in the first quarter of 2018, according to [1], the shipment of goods through the port of Aktau increased by 45 % compared to the same period of 2017.

The analysis of transshipment of cargo at ASTP showed that, despite the decline in actual cargo turnover by 2016 (5,5 million tons) for the entire range of goods by almost 50 % as compared to 2013–2014 (an average of 11,5 million tons), according to forecasts for the medium term, the main cargoes transshipped through the port of Aktau, as before, will be oil, rolled ferrous metals, grain, transit cargo from China, Russia and countries of the Persian Gulf. It is planned to attract new cargo flows to the port, improve its own marketing policy, increase throughput through construction of new dry cargo terminals, transfer loading and



Pic. 4. Dynamics of transshipment of all goods in the port of Aktau for the period 2005–2015, mln tons.

Table 2

Quantitative indicators of cargo transshipment for 2016–2017

No.	Indicator	Fact 2016, thousand tons	Plan 2017, thousand tons	Fact 2017, thousand tons	Deviation, %	
					Fact 2017 to plan 2017	Fact 2017 to fact 2016
1	Oil	2321	2678	1437	53,7	61,9
2	Metal	1268	1300	365	28,1	28,8
3	Grain	528	500	494	98,8	93,6
4	Other cargoes	267	256	177	69,1	66.3
5	Ferry cargoes	1081	517	560	108,3	51,8
	Total:	5465	5251	3033	57,8	55,5

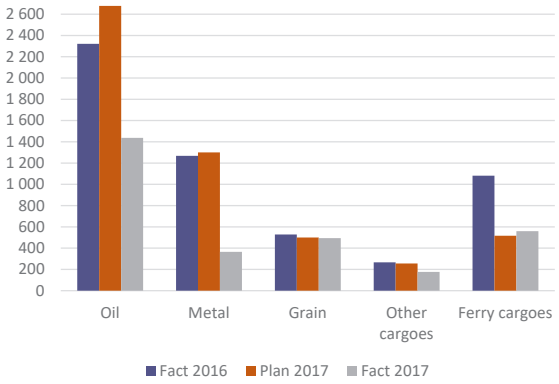
unloading operations to automatic mode, increase the fleet. This will ensure an increase in total cargo transportation from 11,5 million tons to 20,5 million tons by 2020.

Currently, Aktau port operates according to international management system standards (ISO 9001) and meets the safety requirements for navigation and ship maintenance. A particular operation mode has been established within territory of the port within the framework of the special economic zone «Seaport Aktau».

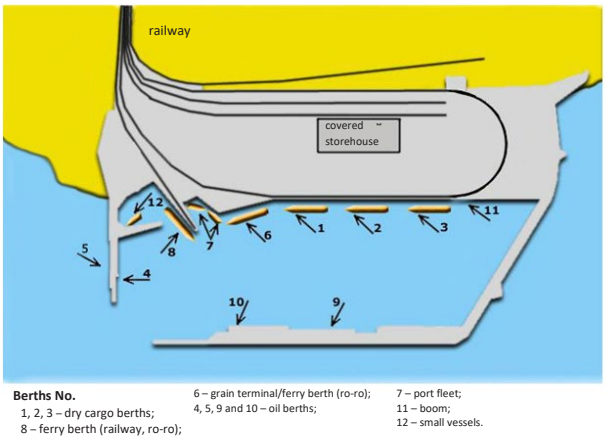
According to the Program for further development of Khorgos International Center for cross-border cooperation for 2007–2011, Aktau seaport [5, 6] is defined as a strategic port regulator in the structure of the single transport and logistics system of the Central Asian transport and industrial corridor.

The port of Aktau has all types of access roads, related infrastructure for discharge, loading and storage of oil and oil products. There are product specialized transport organisations that operate in the port, leasing land plots.

Based on the Code of Customs of Aktau International Sea Trade Port [7], the berth complex has (Pic. 6): 12 berths, of which: 5 bulk berths with a design capacity of 10,4 mln tons per year (berths No. 4, No. 5, No. 9, No. 10, No. 11), 2 universal dry cargo terminals (general cargo/containers) with a design capacity of 1,5 million tons per year (berths No. 1, No. 3), a grain terminal with a design capacity of 600 thousand tons and one-time storage of 25 thousand tons of grain, berth for heavyweights and mooring of ro-ro ferries (berth No. 6), ferry complex with capacity of 1 million tons of cargo per year (berth No. 8), general berth for cargo/containers and mooring of the ro-ro type ferry (berth No. 2), ferry berth No. 8, berth No. 7 for the port fleet, berth No. 12 for small vessels. Maximum throughput: oil berths – 12 million tons, dry cargo berths – 2 million tons, grain terminal – 0,6 million tons, ferry berth – 2 million tons.



Pic. 5. The diagram of quantitative indicators of the port of Aktau for cargo transshipment for 2016–2017. Source: [1].



Pic. 6. The layout of the berths in the port of Aktau [Source 3].

The port has the following equipment: gantry cranes with a lifting capacity of 10 to 42 tons; mobile cranes with a lifting capacity of 36 to 84 tons; autoloaders with a loading capacity from 1,6 to 28 tons; oil spill cleanup equipment. The port has the following port fleet: m/v «Batyr» – port tug – 2700 hp; m/v «Zhenis» – port tug – 1700 hp; «Bulak» – tanker that collects bilge and fecal waters; waste and oil spill collection vessel NMS-205A.

Based on the analysis of the infrastructure of the port complex of Aktau, we can conclude that the port:

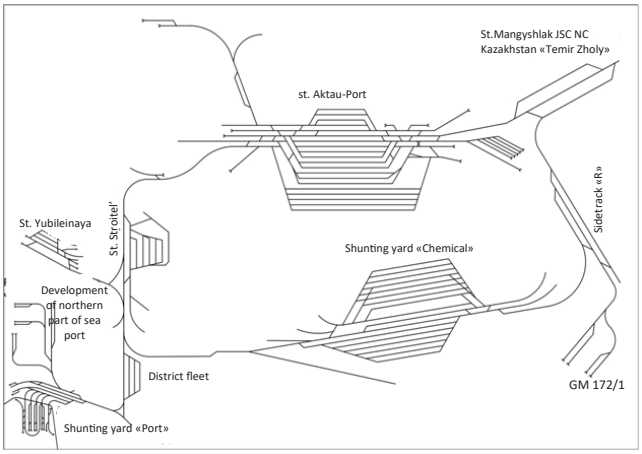
- Has a large storage area.
- Has a high investment potential (1st place in the Caspian region).
- Is included in «North–South» and «East–West» programs of the International Transport Corridors.
- Has extensive government support.
- Has modern equipment.
- Provides high quality and speed of transshipment.
- Conducts dynamic marketing activities.

Analysis of development prospects

To select a rational system for servicing seaports by rail, let us consider the system of a port railway junction using Aktau seaport as an example (Pic. 7) and consider a SWOT analysis of its railway infrastructure, presented in Table 3 according to [8].

Analysis of the railway infrastructure, as well as of weaknesses and strengths revealed by SWOT analysis, shows that the absence of a specialized container terminal with proper handling equipment for containers and storage platforms allows processing only 20-foot containers with a gross weight of not more than 10 tons at a universal dry cargo berth. Transshipment of a container from a vessel to a platform takes 7 minutes per container, the storage area has a limited area (about 120 containers), which is reflected in very high container transshipment rates (more than 350 US dollars per container).

The port has a few receiving alternate rail tracks. Four tracks that serve cargo flows in and



Pic. 7. Port railway junction of the seaport of Aktau.

out of the port, as well as to nearby terminals, are not sufficient. That shortage thereof is the main obstacle to increase in capacity and the main cause of delays in removal of empty cars and supply of the next batch of loaded cars to the terminals.

The presence of different owners of the railway lines (KTS and KTZ) leads to the fact that KTS sets its own tariffs independently of KTZ and is an independent organization commercially. Shippers have to conclude two separate contracts (with KTZ and KTS), which prevents many of them from using the route through Aktau-Port station.

The absence of own shunting locomotives in the port requires an agreement between KTS and KTZ on the mutual access of locomotives to the network from Mangyshlak station to the berths. Such a solution will reduce time for shunting operations at the port itself, for shunting and sorting operations at Mangyshlak station, and will also simplify wagons' exchange between KTZ and KTS at Aktau-Port station, which will significantly reduce the load on its infrastructure.

In order to reduce the load of access roads in the port and increase their throughput, customs clearance of goods must be carried out outside the port territory (for example, at Aktau-Port station).To maximize the throughput capacity of the junction stations, it is necessary to allow passage of trains of 57 cars, as provided for by the agreement between KTS and KTZ.

Thus, using the example of Aktau Port, analysis of cargo flows and its port facilities, strengths and weaknesses derived from SWOT analysis of the port's railway infrastructure system, we can conclude that it is necessary to develop a model for rational interaction of a port complex and railway transport with the aim of increasing the throughput capacity of port and railway arrangements, reducing downtime of cars and locomotives at stations and moorings, as well as reducing the cost of rail transportation in the transport hub.

The following main factors influence the choice of rational technologies for servicing port complexes by rail: size and structure of the transshipment cargo flow, its change during navigation, location of station and transshipment areas within the hub, conditions for receipt of mixed cargoes for transshipment, organization of hub operations aimed at delivery of local goods. Some of these factors are intranodal and are determined only by the operating conditions of the transport hub under consideration. Others depend on the work of a whole sector of mixed railway-water ways or of its autonomous part.

In addition, the technical equipment of the port and port railway arrangements play a large role in ensuring further growth of cargo turnover. The rational and effective organization of cargo transshipment through the port is also important, taking into account logistics technologies that consider the interests of customers and carriers and are necessary to increase coordination of their activities in the transportation market.

Improving the competitiveness of the transport system of Kazakhstan and international transport corridors passing through its territory largely depends on clarity of interaction of rail and sea transport in NC JSC ASTP.

Table 3

SWOT analysis of Aktau railway infrastructure system

S (strong sides)	W (weak sides)
S1. Aktau port is connected to the railway network. S2. The railway network connects the main cities of the Republic of Kazakhstan. S3. The railway system is connected to the railways of neighboring countries.	W1. Not all berths in the port are equipped with railways. W2. There is no specialized container terminal. W3. There are few sidetracks in the port. W4. Access roads to the port are managed by the private company JSC Kaskor-Transservice (KTS), thus increasing the number of participants in the transportation process. W5. The companies of KTS and JSC NC Kazakhstan Temir Zholy (KTZ) apply different tariffs for rail transportation services. W6. There are problems of coordination between authorities and the port administration, KTS and KTZ. W7. The length of the route from China to the port of Aktau and the need to change bogies to a different gauge.
O (opportunities)	T (threats)
O1. The plan for creating a new seaport in Kuryk. O2. Two ferries for 28 cars and 52 cars, respectively, can be loaded at Aktau port. O3. Bringing railway tracks at berths to a standard length of 57 cars. O4. Opportunity to access locomotives of KTS and KTZ in each other's network and port. O5. Opportunity of customs clearance outside the port territory. O6. Increasing the capacity of KTS railway line to 16 trains per day. O7. Construction of a new railway line between the port and KTZ network. O8. No shortage of cars either platforms. O9. Construction of planned new lines in Kazakhstan will reduce duration of transportation in the direction East–West. O10. Reduction in the volume of goods transported by road from Europe to Asia.	T1. Transportation of crude oil will lead to reduction in container transportation. T2. Grain transportation on ferries with a capacity of 28 cars on Aktau–Baku line instead of 52 cars. T3. KTS is already operating at full capacity. T4. Aktau-Port station is overloaded. T5. Beineu–Aktau railway line is a single track along the entire length. T6. Grain cars awaiting loading are transferred onto siding tracks. T7. Reduction in international cargo transportation due to the economic crisis.

The main tasks, simultaneous solution of which contributes to a clear interaction of these modes of transport, should include:

• supply of cars to the transport hub in accordance with loading and unloading capacity of the port for the entire range of goods;

• supply of vessels at the time of accumulation of a shipload for a given ship at the port;

• correspondence of the capacity of the port's storage space to the volume of cargo transshipped.

The solution to these problems is possible only if a systematic approach is implemented, according to which all participants in the transportation process (shippers, rail and sea carriers, sea ports) are considered and operate as a single system [9, pp. 91–105; 10–14].

Interaction of rail and sea transport

The main forms of interaction between rail and sea transport and the scope of their effective application are shown in Table 4.

Currently, against the background of the widespread introduction of automated and information and logistics systems, organization of a single information space for participants in rail and sea transportation, a comprehensive approach and innovative solutions with regard to management and distribution of operational work in the seaport are required. In the conditions of unevenness and fluctuations in ship calls to the port (influence of seasonality and weather conditions) and supply of railway rolling stock, with disproportionate capacities and loadings of the port and railway infrastructure, new solutions would provide for establishment of a rational interaction between the railway transport and the seaport taking into account existing and future technical equipment, the adopted technology of work and implementation of various operational dispatching measures for optimal organization of traffic control and management.

Conclusions. The rational interaction of sea and railway transport in port transportation node should include solution of the following tasks:

• development and implementation of agreed schedules of ships and rail wagons;

• optimal organization of work of loading and unloading mechanisms during cargo transshipment;

• ensuring the best use of rolling stock in terms of turnaround time, static load and other indicators;

• automation of preparing of shipping documents, payments for transportation of

Table 4

Interaction of rail and sea transport in PTH

Interaction form	Interaction participant	Impact element	Effective scope
Operators of sea terminals	Shipper, port, ship	Supply of a ship by a certain date	Correspondence of the number of arriving cars to the unloading capabilities of the port. Uniform arrival of cars and ships
Sea and rail carriers	Shipper, rail carrier, port, ship, foreign port, consignee	Coordinated supply of a ship to the date of arrival of cars at a port	Correspondence of the number of arriving cars to the unloading capacity of the port
Traffic control dispatch center	Railway carrier, port	Coordinated supply of cars to the date of arrival of a ship	Correspondence of the number of arriving cars to the port's unloading capabilities
Managing transport and logistics centers	Shipper, rail carrier, ports of the region, ships, foreign ports, consignees	Mutually coordinated supply of cars and ships	For any ratio of the volume of shippers' applications for loading to the ports of the region and their unloading capabilities

goods and performance of cargo forwarding operations;

• development of an operational plan for distribution of rolling stock by stations when entering the port railway hub;

• optimal organization of labor and distribution of labor resources in order to increase labor productivity and reduce the cost of transportation of goods.

REFERENCES

1. Aktau port. [Electronic resource]: http://www.portaktau.kz/ru/. Information material. Last accessed 27.04.2019.

2. Presentation «Development of the transport and logistics system of the Republic of Kazakhstan» of the Vice President of Logistics of JSC NC KTZ E. Iskaliev on 20.09.2012 at the International transport-logistics forum «Silk Road», Almaty [*Prezentatsiya «Razvitie transportno-logisticheskoi sistemy Respubliki Kazakhstan» vitse-prezidenta po logistike AO «NK «KT» E. Iskalieva 20.09.2012 na Mezhdunarodnom transportno-logisticheskom forume «Shelkoviy Put'», Almaty*]. [Electronic resource]: http://www.myshared.ru/slide/1311173/. Last accessed 27.04.2019.

3. The trade flows of the port of Aktau. Overview of the port infrastructure of the Caspian Sea and the port of Olya [*Tovaropotoki porta Aktau. Obzor portovoi infrastruktury Kaspiiskogo moray i porta Olya*]. [Electronic resource]: http://dereksiz.org/obzor-portovoj-infrastrukturi-kaspijskogo-morya-i-porta-olya.html?page=6. Last accessed 27.04.2019.

4. Aktau as the «maritime hub» [*Aktau – «morskoi uzel»*]. [Electronic resource]: https://logistics.ru/9/23/i20_18795.htm. Last accessed 27.04.2019.

5. On approval of the program for further development of the international center of cross-border cooperation «Khorgos» for 2007–2011. Government of the Republic of Kazakhstan Decree dated 07.11.2006, No. 1061 [*Ob utverzhdenii programmy dalneishego razvitiya mezhdunarodnogo tsentra prigranichnogo sotrudnichestva «Khorgos» na 2007–2011 gody. Postanovlenie pravitelstva ot 07.11.2006 № 1061*].

6. Government of the Republic of Kazakhstan Decree of January 25, 2002 No. 110 «On the development plan of the Republican state enterprise» Aktau Sea Trade Port «for 2001–2005» dated January 25, 2002 [*Postanovlenie pravitelstva ot 25.01.2002 № 110 «O plane razvitiya respublikanskogo gosudarstvennogo predpriyatiya «Aktauskiy morskoi torgoviy port» na 2001–2005 gody» ot 25.01.2002*]. [Electronic resource]: http://adilet/zan/kz/rus/docs/P020000110. Last accessed 27.04.2019.

7. Code of Customs of Aktau international sea trade port. Approved by order of the chairman of the board (president) of JSC NC ASTP dated September 7, 2016 No. 646-p [*Svod obychaev Aktauskogo mezhdunarodnogo morskogo torgovogo porta. Utv. prikazom predsedatelya pravleniya (prezidenta) AO «NK «AMMTP» ot 07 sentyabrya 2016 № 646-p*].

8. SWOT analysis of Kazakhstan Railways project [*SWOT-analiz proekta Kazakhstanskikh zheleznykh dorog*]. [Electronic resource]: http://docplayer.ru/26393925-Swot-analiz-proekta-kazahstanskih-zheleznyh-dorog.html. Last accessed 27.04.2019.

9. Transport logistics: Textbook for transport universities [*Transportnaya logistika: Uchebnik dlya transportnykh vuzov*]. Ed. by L. B. Mirotin. Moscow, Publishing house «Ekzamen», 2003, 512 p.

10. Bekmagambetov, M., Smirnova, S. Transport system of the Republic of Kazakhstan (current status and development problems): Monograph [*Transportnaya sistema Respubliki Kazakhstan (sovremennoe sostoyanie i problem razvitiya): Monografiya*]. Almaty, Print-S, 2005, 445 p.

11. Shodyraeva, Sh. K. Development of Aktau international trade port. Report at the International Economic Forum 2011[*Razvitie Aktauskogo mezhdunarodnogo torgovogo porta. Doklad na Mezhdunarodnom ekonomicheskom forume-2011*]. Caspian State University of Technology and Engineering named after Sh. Esenov, Kazakhstan. [Electronic resource]: http:// be5.biz/ekonomika1/r2001/00442.htm. Last accessed 27.04.2019.

12. Musalieva, R. D. Regional Logistics Hub and its Maritime Allies. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 6, pp. 180–188.

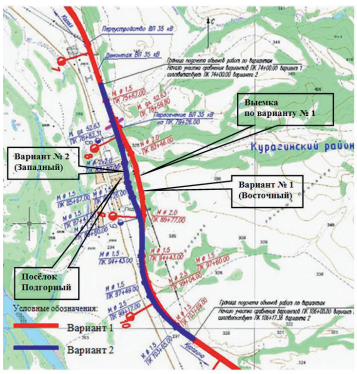
13. Kuanyshev, B. M., Kiselyova, O. G., Badambayeva, S. E. Strategic Aspects of Development of Transit and Transportation Capacity of Kazakhstan. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 3, pp. 146–155.

14. Kenzhebayeva, G. Zh., Badambayeva, S. E. Multimodal Network of Kazakhstan: Design of a Staged Development. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, 2014, Iss. 4, pp. 88–97.

IV

ВЫБОР ТРАССЫ 140

Метод анализа иерархий.



ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ 152

Такси: и организация стоянок, и работа диспетчерских служб нуждаются в новых подходах.

ПУНКТЫ ПРОПУСКА 170

Инфраструктура, технологии, обучение для облегчения движения транспорта через государственную границу.

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ • ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

CHOICE OF THE LINE LOCATION 146

Analytic hierarchy method.

URBAN TRANSPORT 161

Taxi: taxi ranks organization as well as dispatching services operations need new approaches.

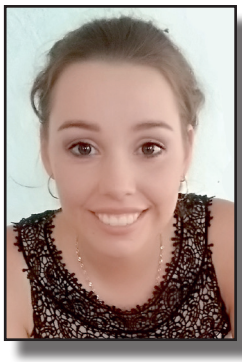
CHECKPOINTS 174

Infrastructure, technology, training to facilitate trans-border traffic of vehicles, rolling stock and ships.



УДК 625.111+ 519.816
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-140-151

Принятие решения по выбору варианта трассы железнодорожной линии





Валентина КАЗАРИНА **Вячеслав ПОДВЕРБНЫЙ**

Казарина Валентина Вениаминовна *– Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия.*
Подвербный Вячеслав Анатольевич *– Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия*.*

В данной статье предложено решение задачи выбора варианта трассы строительства железнодорожной линии из двух предварительно разработанных вариантов. В качестве исходных данных были использованы материалы проектирования железнодорожной линии Элегест–Кызыл–Курагино.

На данном участке рассмотрено два варианта трассы, которые необходимо сравнить с целью выбора лучшего. Первый вариант трассы (Восточный) проходит в выемке за пределами посёлка Подгорный, что исключает затраты на снос жилых строений и переселение жителей, но предусматривает большой объём земляных работ. Во втором варианте (Западном) трасса проложена через посёлок Подгорный. При данном развитии трассы объёмы земляных работ значительно меньше, но необходимо учитывать снос жилых строений, переселение жителей, а также устанавливать шумозащитные экраны.

Рассмотрен и проанализирован вывод, который сделали проектировщики ЗАО «Востсибтранспроект». В ходе исследования применённый метод принятия решения потребовал некоторой доработки в отношении данной задачи и дополнительного анализа. Для выбора оптимального варианта был использован метод анализа иерархии.

Ключевые слова: железные дороги, принятие решений, проектирование железных дорог, метод анализа иерархии.

---

*Информация об авторах:
Казарина Валентина Вениаминовна – аспирант кафедры строительства железных дорог, мостов и тоннелей Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), Иркутск, Россия, vvkaz92@mail.ru.
Подвербный Вячеслав Анатольевич – профессор кафедры строительства железных дорог, мостов и тоннелей Иркутского государственного университета путей сообщения (ИрГУПС), Иркутск, Россия, vpodverbniy@irgups.ru.

Статья поступила в редакцию 11.03.2019, принята к публикации 28.06.2019.

For the English text of the article please see p. 146.

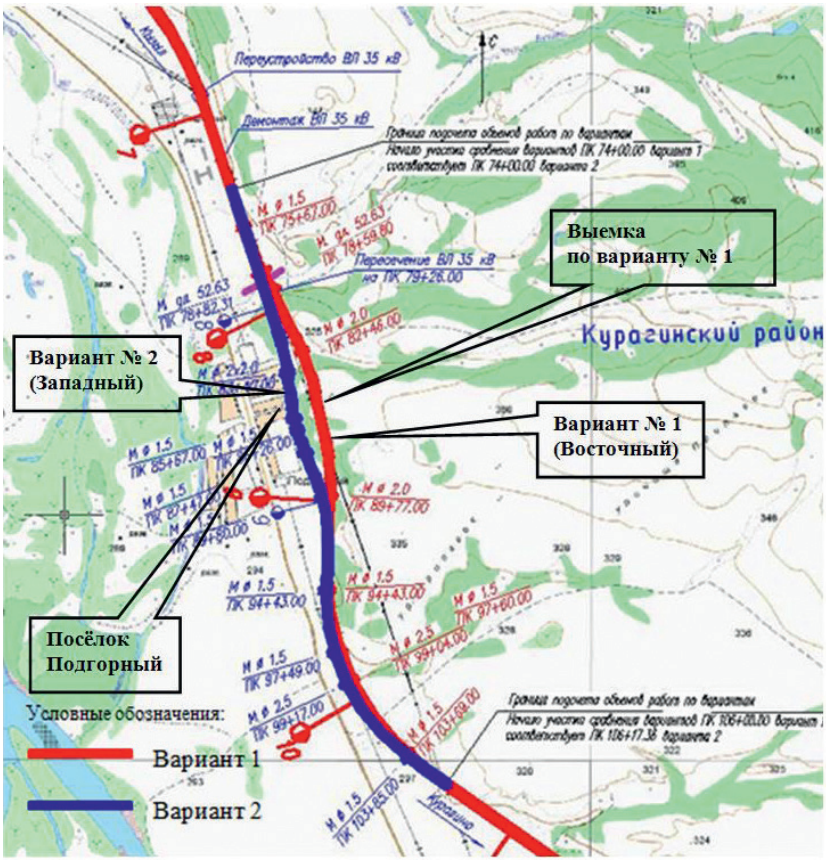


Рис. 1. Схема вариантов на участке км 8–км 11. Вариант № 1 (Восточный) – трасса проложена в обход посёлка Подгорный – на рисунке 1 обозначен более светлым (красным) цветом. Вариант № 2 (Западный) – трасса проложена через посёлок Подгорный – обозначен более тёмным (синим) цветом.

Процесс принятия решений при проектировании железных дорог довольно сложный, требующий не только всестороннего изучения вопроса, но и комплексного взгляда на всю систему в целом [1, с. 5].

Значительную роль, помимо технических показателей, также играют экономические факторы, например, стоимость строительства. В соответствии с требованиями формируется множество решений, среди которых необходимо выбрать лучшее [2, с. 209].

Конечно, в процессе проектирования некоторые варианты могут отсеяться, но даже из оставшегося, сокращённого множества вариантов лицу, принимающему решение (ЛПР), необходимо сравнить и выбрать лучший вариант [3, с. 56].

Целью представленного в статье исследования являлась разработка метода принятия решений при выборе трассы железнодорожной линии на основе применения для формализации предпочтений ЛПР метода аналитической иерархии Т. Л. Саати.

Исследование проводилось применительно к участку проектируемой железнодорожной линии Элегест–Кызыл–Курагино. Данные для статьи предоставлены ЗАО ВСТП [4, с. 37]. В нашей статье под ЛПР подразумевается не один человек, а группа лиц (проектировщики ЗАО «Востсибтранспроект», авторы статьи).

Использовались *методы* теории принятия решений, методы решения многокритериальной детерминированной задачи выбора, аналитической иерархии Т. Л. Саати, экономического и технического анализа [5, с. 81; 6, с. 129; 7, с 93; 8, с. 76].

Рассмотрим упомянутый участок проектируемой железнодорожной линии Элегест–Кызыл–Курагино. На участке ст. Курагино–ст. Ермаковская (км 0–км 104), где трасса проходит долинами рек Туба, Амыл

Таблица 1

Сравнение вариантов железнодорожной линии на участке км 8–км 11

Показатели	Ед. изм.	1 вариант ПК 74+00.00 – ПК 106+00.00	2 вариант ПК 74+00.00 – ПК 106+17.36
Протяжение	п. м	3200	3217,36
Руководящий уклон	‰	9	9
Профильный объём земляных работ	тыс. м^3	870,56	266,54
в т.ч. насыпь	тыс. м^3	142,68	208,33
в т.ч. выемка	тыс. м^3	727,88	58,21
Стоимость земляного полотна, в ценах 01.01.2000 г.	тыс. руб.	9685,81	7393,73
Искусственные сооружения:	шт.	7	10
металлический мост	шт./м	1/52,63	1/44,80
МГТ Ø. 1.5 м	шт.	3	6
МГТ Ø. 2.0 м	шт.	2	-
МГТ Ø. 2.5 м	шт.	1	2
МГТ Ø. 2х2.0 м	шт.	–	1
Стоимость строительства искусственных сооружений, в ценах 01.01.2000 г.	тыс. руб.	17715,16	18296,83
Снос строений:			
жилые дома	шт./тыс. руб.	–	5/26,45
водонапорная башня	шт./тыс. руб.	–	1/9,92
линии ВЛ	км/тыс. руб.	2,1/195,74	–
Компенсация за снос и строительство:			
жилые дома	тыс. руб.	–	39,95
система водоснабжения посёлка	тыс. руб.	–	121,86
переустройство ВЛ	км/тыс. руб.	2,2/782,96	–
переустройство дорожно-уличной сети	км/тыс. руб.	0,21/285,75	1,00/1542,20
Устройство шумозащитных экранов	км/тыс. руб.	0,26/939,12	0,61/2205,84
Общая сметная стоимость строительства в ценах 01.01.2000 г.	тыс. руб.	29604,54	29636,78

рассмотрен вариант проложения трассы на участке обхода населённого пункта п. Подгорный км 8–км 11.

Для целей сопоставления местных вариантов трассы проектировщиками ЗАО «Востсибтранспроект» («ВСТП») определены следующие объёмные показатели в пределах общих точек сравнения:

а) объёмы земляных работ по вариантам;

б) объёмы по искусственным сооружениям – мосты, трубы;

в) снос строений, линий воздушных линий электропередачи (ВЛ);

г) компенсация за снос и строительство новых объектов – переустройство ВЛ, переустройство дорожно-уличной сети, устройство переездов, устройство шумозащитных экранов.

СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ ТРАССЫ НА УЧАСТКЕ КМ 8–КМ 11

На участке км 8–км 11 рассматриваемой трассы подлежали сравнению два варианта трассы (рис. 1).

ОПИСАНИЕ ВАРИАНТА № 1 (ВОСТОЧНОГО)

Начало трассы – пикет (ПК) 74+00.00; конец трассы – ПК 106+00.00; её протяжённость по данному варианту 3200,00 м.

Вариант разработан с целью обхода п. Подгорный, трасса проходит в выемке, полностью исключая снос жилых строений, и не требует переустройства водонапорной башни и водозаборной скважины.

На ПК 79+27 и ПК 87+33 трасса пересекает линию ВЛ 35кВ, что влечёт за собой пе-

реустройство участка ВЛ 35кВ протяжением 2,2 км. Комплекс мероприятий по шумозащите при проложении железнодорожной линии в санитарной зоне застройки предусматривает устройство шумозащитных экранов на протяжении 0,26 км. На некотором протяжении трасса железнодорожной линии размещена на расстоянии 100–200 м от границы застройки в выемке глубиной до 20 м, что не требует устройства шумозащитных экранов.

ОПИСАНИЕ ВАРИАНТА № 2 (ЗАПАДНОГО)

Начало трассы принято на ПК 74+00.00; конец трассы принят на ПК 106+17.36/ПК106+00.00; её протяжённость по данному варианту составляет 3217,36 м.

Вариант № 2 разработан с целью исключения значительных объёмов по разработке выемки, которые в варианте № 1 составляют более 700 тыс. м^3. Трасса проходит по территории п. Подгорный. При этом под снос подпадают 5 жилых домов с хозяйственными постройками, а также водонапорная башня. Кроме того, из-за отказа от устройства выемки возрастают на 0,35 км объёмы по сооружению шумозащитных экранов в санитарной зоне застройки.

Технико-экономические показатели сравниваемых вариантов представлены в таблице 1.

ВЫВОД, КОТОРЫЙ БЫЛ СДЕЛАН ПРОЕКТИРОВЩИКАМИ ЗАО «ВСТП»

При сравнении основных технико-экономических показателей вариантов проектировщиками ЗАО «Востсибтранспроект» был сделан вывод, что варианты по совокупности затрат на строительство в соответствии с принятыми методиками расчётов являются равноценными. Однако предпочтение было отдано варианту № 1, так как:

- исключены затраты на снос жилых строений;
- исключены затраты на переселение жителей;
- исключено переустройство водонапорной башни и водозаборной скважины;
- сохранены сложившиеся условия проживания населения в п. Подгорный.

В проекте реализован вариант трассы № 1.

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОЦЕДУРЫ СРАВНЕНИЯ ВАРИАНТОВ

Учитывая основные положения теории принятия решений, выполненное сравнение явилось решением многокритериальной детерминированной задачи выбора, что вполне допустимо, однако требует некоторой доработки путём формализации предпочтений ЛПР [9, с. 77; 10, с. 248].

Нами предложено для формализации предпочтений ЛПР использовать метод аналитической иерархии Т. Л. Саати (МАИ) [11, с. 183; 12, с. 196], который позволяет понятным и рациональным образом структурировать сложную проблему принятия решений в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку альтернативных вариантов решения.

Анализ проблемы принятия решений в МАИ начинается с построения иерархической структуры, которая включает цель, критерии, альтернативы и другие рассматриваемые факторы, влияющие на выбор. Эта структура отражает понимание проблемы со стороны ЛПР. Метод анализа иерархий может быть субъективным в случае, если оценку критериев выставляет один человек. В нашем исследовании субъективность частично преодолена, так как оценки выставляют несколько экспертов, имеющих разный профессиональный опыт.

Следующим этапом анализа является определение приоритетов, представляющих относительную важность или предпочтительность элементов построенной иерархической структуры, с помощью процедуры парных сравнений. Безразмерные приоритеты позволяют обоснованно сравнивать разнородные факторы, что является отличительной особенностью МАИ. На заключительном этапе анализа выполняется синтез (линейная свёртка) приоритетов на иерархии, в результате которой вычисляются приоритеты альтернативных решений относительно главной цели.

Для нашей задачи группа экспертов выбрала следующие критерии:

I – строительная длина (п.м.);

II – профильный объём земляных работ (тыс. м^3);

III – строительная стоимость (тыс. руб.);

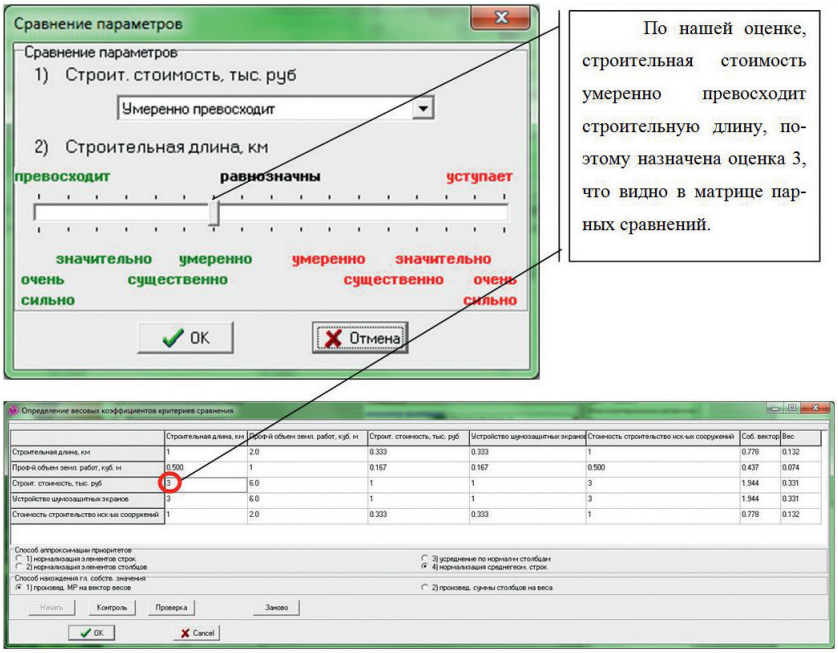


Рис. 2. Шкала оценивания критерия «Строительная стоимость, тыс. руб., в программе «Валерия».

IV – устройство шумозащитных экранов (км/тыс. руб.);

V – стоимость строительства искусственных сооружений (тыс. руб.).

Далее была составлена матрица парных сравнений критериев по важности (по девятибалльной шкале).

	I	II	III	IV	V
I	1	2	0,333	0,333	1
II	0,5	1	0,167	0,167	0,5
III	3	6	1	1	3
IV	3	6	1	1	3
V	1	2	0,333	0,333	1

На данном этапе оценки имеют следующий смысл:

1 – равная важность критериев;

3 – умеренное превосходство;

5 – существенное превосходство;

7 – значительное превосходство;

9 – очень сильное превосходство;

2, 4, 6, 8 – промежуточные значения.

Заполнение матрицы проводится построчно, начиная с наиболее важного критерия. Сначала проставляют целочисленные оценки, тогда соответствующие им дробные оценки получаются из них автоматически (как обратные к целым числам). Чем важнее критерий, тем больше целочисленных оценок будет в соответствующей ему строке матрицы, и сами оценки будут иметь бо́льшие значения. Так как каждый критерий равен себе по важности, то главная диагональ матрицы всегда будет состоять из единиц.

Затем рассчитываем среднее геометрическое каждой строки по формуле (1) и компонентов нормализированного вектора приоритетов (НВП) по формуле (2):

$$a_n = \sqrt[n]{\text{произведение элементов } n\text{-ой строки}}, \quad (1)$$

$$n\text{-ый компонент НВП} = \frac{a_n}{\sum a_i}. \quad (2)$$

Далее проводим попарное сравнение вариантов по каждому критерию и определяем общий критерий (приоритет) для каждого варианта. Лучшим признаётся вариант с наибольшим приоритетом.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЁТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ «ВАЛЕРИЯ»

Примером автоматизации расчётов по методу аналитической иерархии Т. Л. Саати может служить система поддержки принятия решений (СППР) «Валерия» (автор П. Н. Холодов, ИрГУПС) [13].

Воспользуемся программой «Валерия» для решения рассмотренной выше задачи

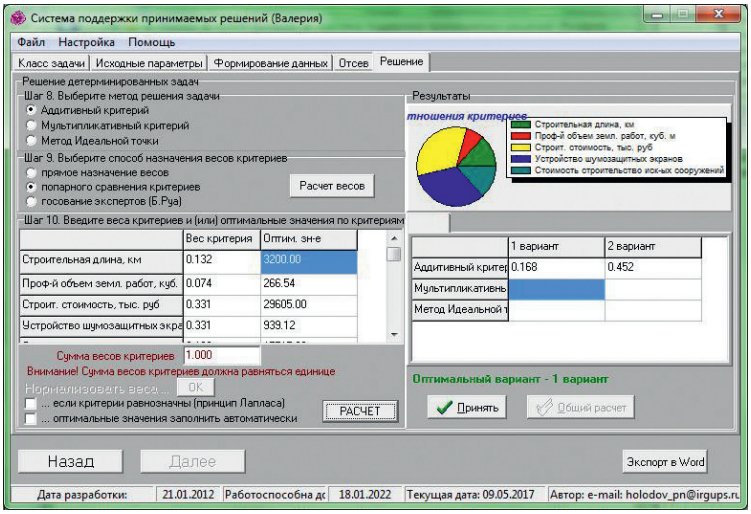


Рис. 3. Расчёт оптимального варианта в СППР «Валерия».

выбора варианта трассы на обходе (вариант № 1) / пересечении (вариант № 2) посёлка Подгорный на участке км 8–км 11 проектируемой линии Кызыл–Курагино.

Оценки присваиваются по девятибалльной шкале, как показано выше (рис. 2).

Преимуществом программы СППР «Валерия» является тот факт, что в ней можно решать задачу разными методами (рис. 3).

Проведя дополнительный анализ представленных вариантов, получили результат, что оптимальным является первый вариант, что подтвердило выводы, которые сделали проектировщики «ВСТП».

ВЫВОДЫ

В проектировании железных дорог выбор оптимального варианта не всегда может быть прост и очевиден. При подобии вариантов для принятия правильного решения желательно опираться не только на анализ технико-экономических показателей. Необходимо проводить дополнительное сравнение вариантов. В нашем случае, при решении поставленной перед нами задачи мы использовали метод анализа иерархии, который подтвердил результаты, полученные при анализе технико-экономических показателей.

Применённый нами метод может рассматриваться как перспективный и эффективный для решения задач такого рода, причем не только при выборе вариантов трассы железнодорожных линий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подвербный В. А., Холодов П. Н., Титов К. М. Методы принятия проектных решений в строительстве: Учебно-метод. пособие. – Иркутск: ИрГУПС, 2010. – 72 с.

2. Кантор И. И. Изыскание и проектирование железных дорог. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 288 с.

3. Методические рекомендации по оценке инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте / МПС РФ. – М.: МПС РФ, 1998. – 123 с.

4. Железнодорожная линия Элегест–Кызыл–Курагино–участок от станции Курагино до раз. (разъезда) Малый Тайгиш (км 147): Общая пояснительная записка. – 2504–1-ПЗ / ЗАО «Востсибтранспроект». – Иркутск, 2013. – 43 с.

5. Холодов П. Н. Выбор оптимального решения в проектировании железных дорог на основе многокритериальной оценки / Дис... канд. техн. наук. – ДВГУПС, 2012. – 166 с.

6. Кини Р. Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях / Пер. с англ. В. В. Подиновского, М. Г. Гафта, В. С. Бабинцева. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

7. Ногин В. Д. Принятие решений в многокритериальной среде: качественный подход. – 2 изд., испр. и доп. – М.: Физматлит, 2005. – 176 с.

8. Харитонова Е. Эффективное принятие решений / Пер. с англ. С. Дружченко. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 184 с.

9. Холодов П. Н. Многокритериальный выбор оптимального решения при проектировании железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2011. – № 1. – С. 76–82.

10. Орлов А. И. Теория принятия решений: Учебник. – М.: Экзамен, 2006. – 573 с.

11. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

12. Саати Т. Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

13. Холодов П. Н., Подвербный В. А. Система поддержки принимаемых решений («Валерия») // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2010617609 от 17.11.2010 г.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-140-151

Decision-Making on Choosing a Railway Line Option





Kazarina, Valentina V., *Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia.*
Podverbniy, Vyacheslav A., *Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia*.*

Valentina V. KAZARINA **Vyacheslav A. PODVERBNIY**

ABSTRACT

This article proposes a solution to the problem of choosing an option for routing of a railway line among two previously developed options. As initial data, materials were used for designing Elegest–Kyzyl–Kuragino railway line.

On this section, two routing options are considered, which must be compared in order to choose the best one. The first option of the line (Eastern) takes place in a recess outside the village of Podgorny, which excludes the cost of demolition of residential buildings and relocation of residents, but provides for a large amount of earthwork. In the second option (Western), the line is laid through the village of Podgorny. With this development of the line, the volume of earthwork is much smaller, but it is necessary to take into account demolition of residential buildings, relocation of residents, as well as installation of noise barriers.

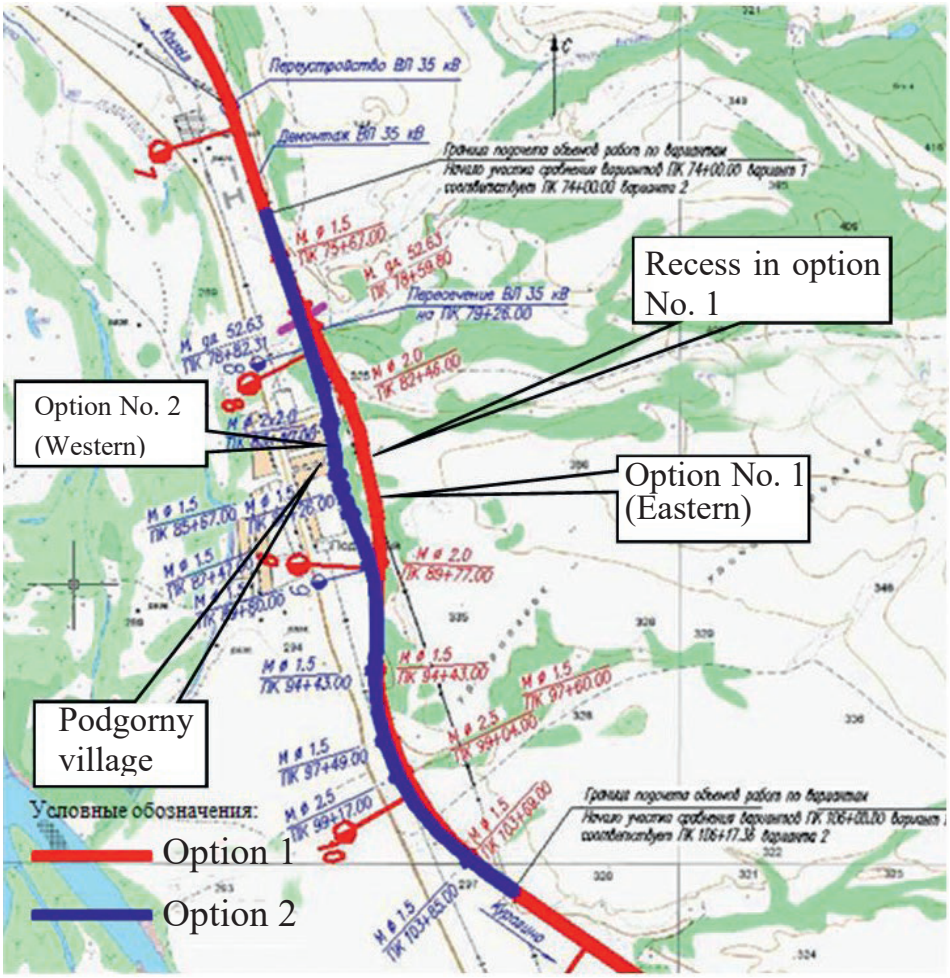
The conclusion drawn by the designers of CJSC Vostsibtransproekt was reviewed and analyzed. During the study, the applied decision-making method required some refinement with regard to this problem and additional analysis. To select the best option, the analytic hierarchy process was used.

Keywords: railways, decision-making, design of railways, analytic hierarchy process.

*Information about the authors:
Kazarina, Valentina V. – Ph.D. student at the department of construction of railways, bridges and tunnels of Irkutsk State Transport University (ISTU), Irkutsk, Russia, vvkaz92@mail.ru.
Podverbniy, Vyacheslav A. – professor of the department of construction of railways, bridges and tunnels of Irkutsk State Transport University (ISTU), Irkutsk, Russia, vpodverbniy@irgups.ru.

Article received 11.03.2019, accepted 28.06.2019.

For the original Russian text please see p. 140.



Pic. 1. Layout of the options for the section km 8–km 11. Option No. 1 (Eastern): the route is laid bypassing the village of Podgorny, it is shown in lighter (red) color. Option No. 2 (Western): the route is laid through the village of Podgorny, it is shown in darker (blue) color.

Introduction. The decision-making process in design of railways is quite complex, requiring not only a comprehensive study of the issue, but also a comprehensive look at the whole system [1, p. 5].

A significant role, in addition to technical indicators, is also played by economic factors, for example, by the cost of construction. Multiple solution options are formed, and while all of them comply with the requirements, it is still necessary to choose the best one among them [2, p. 209].

Of course, during the design process, some options can be eliminated, but a reduced set of options remains, and the decision-maker (DM) should still choose the best option among them [3, p. 56].

The *objective* of the research presented in the article was to develop a decision-making method when choosing a railway line routing based on the analytic hierarchy process of T. L. Saaty to formalize the preferences of DM.

The research was carried out with regard to the section of the designed railway line Elegest–Kyzyl–Kuragino. The data for the article was provided by CJSC Vostsibtransproekt (VSTP) [4, p. 37]. In our article, DM means not a single person, but a group of individuals (designers of CJSC VSTP, authors of the article).

The *methods* of decision theory were used, in particular methods for solving the multicriteria deterministic choice problem, the analytic hierarchy of T. L. Saaty, economic and technical analysis [5, p. 81; 6, p. 129; 7, p. 93; 8, p. 76].

Let's consider the mentioned section of the designed railway line Elegest–Kyzyl–Kuragino. For the section Kuragino–

Table 1

Comparison of options for a railway line on the section km 8–km 11

Indicators	Meas. unit	1 option PC74+00.00 – PC106+00.00	2 option PC74+00.00 – PC106+17.36
Length	l. m	3200	3217,36
Maximum gradient	‰	9	9
Specialized volume of earthwork	thous. m^3	870,56	266,54
including embankment	thous. m^3	142,68	208,33
including recess	thous. m^3	727,88	58,21
Cost of road bed, in prices of 01.01.2000	thous. rub.	9685,81	7393,73
Artificial structures:	pcs.	7	10
metal bridge	pcs./m	1/52,63	1/44,80
MGT Ø. 1.5 m	pcs.	3	6
MGT Ø. 2.0 m	pcs.	2	-
MGT Ø. 2.5 m	pcs.	1	2
MGT Ø. 2x2.0 m	pcs.	–	1
Cost of construction of artificial structures, in prices of 01.01.2000	thous. rub.	17715,16	18296,83
Demolition of buildings:			
residential houses	pcs./thous. rub.	–	5/26,45
water tower	pcs./thous. rub.	–	1/9,92
lines OPTL	km/thous. rub.	2,1/195,74	–
Compensation for demolition and construction:			
residential houses	thous. rub.	–	39,95
water supply system of a village	thous. rub.	–	121,86
reconstruction of OPTL	km/thous. rub.	2,2/782,96	–
reconstruction of a road-street network	km/thous. rub.	0,21/285,75	1,00/1542,20
arrangement of noise barriers	km/thous. rub.	0,26/939,12	0,61/2205,84
Total estimated cost of construction in prices of 01.01.2000	thous. rub.	29604,54	29636,78

Ermakovskaya (km 0–km 104), where the route passes through the valleys of the Tuba and Amyl rivers, the option of laying a route in the area bypassing the village of Podgorny at km 8–km 11 of the section is considered.

For the purpose of comparing local siting options, the designers of CJSC VSTP determined the following volume indicators within the common comparison points:

a) volume of earthwork by options;

b) volume of artificial structures: bridges, pipes;

c) demolition of buildings, overhead power transmission lines (OPTL);

d) compensation for demolition and construction of new facilities: reconstruction of OPTL, reconstruction of the road-street network, arrangement of crossings, arrangement of noise barriers (acoustic screens).

Comparison of routing options in the area of km 8–km 11

Within the area located at km 8–km 11 of the considered route, two routing options were subject to comparison (Pic. 1).

Description of the option No. 1 (Eastern)

The beginning of the route is at the picket (PC) 74+00.00; end of the route is at the PC106+00.00; its length according to this option is 3200,00 m.

The option was designed to bypass Podgorny village, the route runs in a recess, completely excluding demolition of residential buildings, and does not require reconstruction of a water tower and a water well.

At PC79+27 and PC87+33, the route crosses the 35 kV OPTL, which entails reconstruction of the 2,2 kV OPTL section. A set of measures for noise protection when laying a railway line in the sanitary zone of development provides for installation of noise barriers for a distance of 0,26 km. To some extent, the railway line route is located at a distance of 100–200 m from the housing development boundary in a recess up to 20 m deep, which does not require installation of acoustic screens.

Description of the option No. 2 (Western)

The beginning of the route is at PC74+00.00; the end of the route is at PC106+17.36/ PC106+00.00; its length according to this option is 3217,36 m.

Option No. 2 was developed with the aim to eliminate significant volumes for development of the recess, which in option No. 1 are of more than 700 thousand m^3. The route passes through the territory of Podgorny village. At the same time, 5 residential buildings with outbuildings, as well as a water tower, fall under demolition. In addition, due to abandonment of arrangement of a recess, volumes for construction of noise barriers in the sanitary zone of housing development increase by 0,35 km.

Technical and economic indicators of the compared options are presented in Table 1.

The conclusion that was made by the designers of JSC VSTP

When comparing the main technical and economic indicators of the options, the designers of CJSC Vostsibtransproekt concluded that the options in terms of aggregate construction costs in accordance with the accepted calculation methods are equivalent. However, preference was given to option No. 1, as:

- costs of demolition of residential buildings are excluded;
- costs of resettlement of residents are excluded;
- reconstruction of a water tower and a water well is excluded;
- prevailing living conditions of the population in Podgorny village are preserved.

The project implemented the option of the route No. 1.

Proposal for improving the procedure for comparing options

Given the basic principles of decision-making theory, the comparison was the solution of a multi-criteria deterministic choice problem, which is quite acceptable, but requires some refinement by formalizing the preferences of DM [9, p. 77; 10, p. 248].

We have proposed to formalize the preferences of DM using the analytic hierarchy process of T. L. Saaty (AHP) [11, p. 183; 12, p. 196], which allows us to understand in a clear and rational way the complex decision-making problem in the form of a hierarchy, to compare and quantify alternative solutions.

Analysis of the decision-making problem in HAM begins with construction of a hierarchical structure, which includes the goal, criteria, alternatives, and other factors considered that influence the choice. This structure reflects the understanding of the problem by DM. The method of analyzing hierarchies might be subjective if a single person evaluates the criteria. In our research, subjectivity is partially overcome, since several experts with different professional experience participated in the assessment.

The next stage of analysis is focused on determination of priorities representing the relative importance or preference of the elements of the constructed hierarchical structure using the procedure of pairwise comparisons. Dimensionless priorities make it possible to reasonably compare heterogeneous factors, which is a hallmark of AHP. At the final stage of the analysis, a synthesis (linear convolution) of priorities on the hierarchy is performed, as a result of which the priorities of alternative solutions relative to the main goal are calculated.

For our task, the expert group selected the following criteria:

I – construction length (running meter);

II – on-site volume of earthwork (thous. m^3);

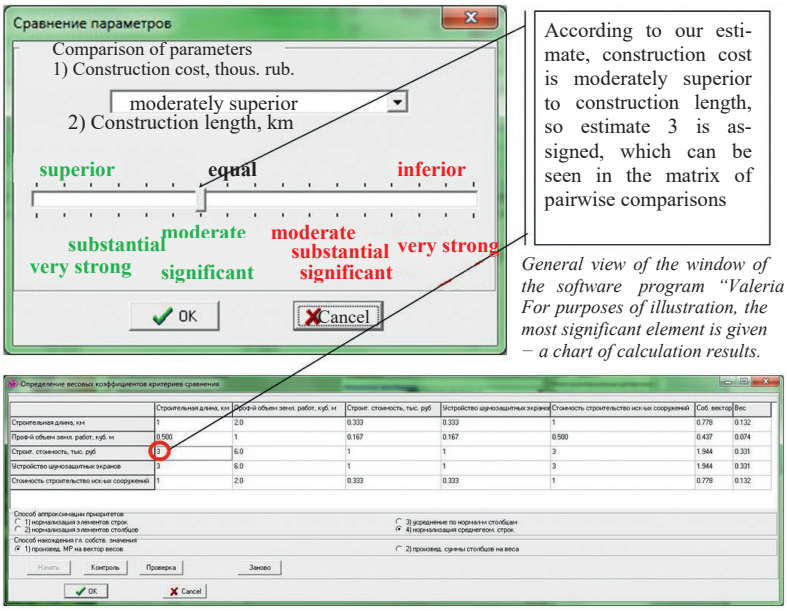
III – construction cost (thous. rub.);

IV – arrangement of noise barriers (km/ thous. rub.);

V – cost of construction of artificial structures (thous. rub.).

Next, a matrix of pairwise comparisons of criteria by importance (using a nine-point scale) was compiled.

	I	II	III	IV	V
I	1	2	0,333	0,333	1
II	0,5	1	0,167	0,167	0,5
III	3	6	1	1	3



General view of the window of the software program "Valeria". For purposes of illustration, the most significant element is given – a chart of calculation results.

Pic. 2. The scale of assessment by the criterion «Construction cost, thous. rub., in the program «Valeria».

IV	3	6	1	1	3
V	1	2	0,333	0,333	1

At this stage, the estimates have the following meaning:

1 – equal importance of criteria;

3 –moderate superiority;

5 – significant superiority;

7 – substantial superiority;

9 – very strong superiority;

2, 4, 6, 8 – intermediate values.

The matrix is filled in line by line, starting with the most important criterion. First, integer estimates are put down, then the fractional estimates corresponding to them are obtained from them automatically (as inverse to integers). The more important the criterion is, the more integer estimates will be in the corresponding row of the matrix, and the estimates themselves will have larger values. Since each criterion is equal in importance, the main diagonal of the matrix will always consist of 1.

Then we calculate the geometric mean of each line according to the formula (1) and the components of the normalized priority vector (NPV) according to the formula (2):

$$a_n = \sqrt[n]{product\ of\ elements\ of\ n-th\ line}, \quad (1)$$

$$n\text{-}th \text{ component of NPV} = \frac{a_n}{\sum a_i}. \quad (2)$$

Next, we conduct a pairwise comparison of options by each criterion and determine the general criterion (priority) for each option. The best option is the one with the highest priority.

Automated calculation using «Valeria» program

An example of automation of calculations by the analytic hierarchy process of T. L. Saaty is «Valeria» decision support system (DSS) (author P. N. Kholodov, ISTU) [13].

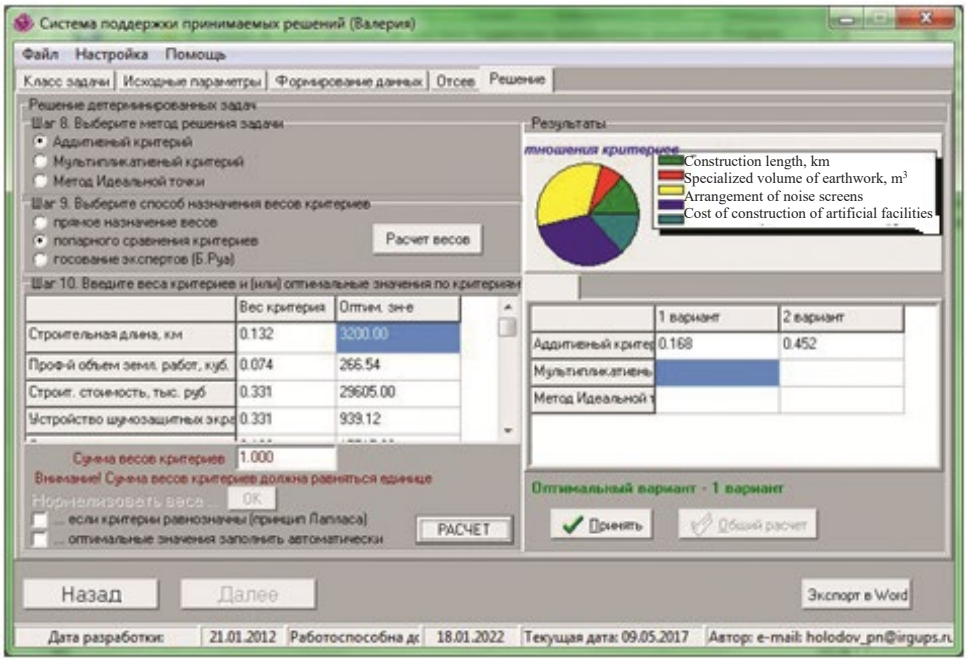
We will use «Valeria» software to solve the problem of choosing the routing option through bypass (option No. 1)/intersection (option No. 2) of Podgorny village within the area of km 8–km 11 of Kyzyl–Kuragino line being designed.

Estimates are assigned following a nine-point scale, as shown above (Pic. 2).

The advantage of «Valeria» DSS program is the fact that it is possible to solve the problem using different methods (Pic. 3).

After an additional analysis of the presented options, we have got the result that the first option is optimal, and that confirmed the conclusions drawn by the designers of VSTP.

Conclusions. In design of railways, the process of choosing of the best option may not always be simple and obvious. While having quite similar options for making the right decision, it is advisable not to rely exclusively



General view of the window of the work program «Valeria». For purposes of illustration, the most significant element is given: a chart of final ranking of obtained results.

Pic. 3. The calculation of the best option in DSS «Valeria».

on the analysis of technical and economic indicators. An additional comparison of options is needed. In our case, when solving the task set before us, we used the analytic hierarchy process, which confirmed the results obtained through the analysis of technical and economic indicators.

The method we used can be considered as promising and effective for solving problems of this kind, and not only when choosing options for the railway line routing.

REFERENCES

1. Podverbniy, V. A., Kholodov, P. N., Titov, K. M. Methods of making design decisions in construction: Study-methodological guide [*Metody prinyatiya proektnykh reshenii v stroitelstve: Uchebno-metod. posobie*]. Irkutsk, ISTU publ., 2010, 72 p.

2. Kantor, I. I. Survey and design of railways [*Izyskanie i proektirovanie zheleznykh dorog*]. Moscow, IKC «Akademkniga» publ., 2003, 288 p.

3. Guidelines for assessment of investment projects in railway transport [*Metodicheskie rekomendatsii po otsenke investitsionnykh proektov na zheleznodorozhnom transporte/ MPS RF*]. Moscow, MPS RF, 1998, 123 p.

4. The railway line Elegest–Kyzyl–Kuragino–a section from Kuragino to Maliy Taigish (km 147): General explanatory note. 2504-1-PZ / CJSC Vostsibtransproekt [*Zheleznodorozhnaya liniya Elegest–Kyzyl–Kuragino–uchastok ot stantsii Kuragino do raz. Maliy Taigish (km 147): Obshchaya poyasnitelnaya zapiska. – 2504-1-PZ / ZAO «Vostsibtransproekt»*]. Irkutsk, 2013, 43 p.

5. Kholodov, P. N. The choice of the optimal solution in design of railways based on multicriteria evaluation. Ph.D. (Eng) thesis. [*Place of defense: Far Eastern State Transport University*] [*Vybor optimalnogo resheniya v proektirovanii zheleznykh dorog na osnove mnogokriterialnoi otsenki / Dis... kand. tekh. nauk.* [*Mesto zashchity: Dalnevost. gos. un-t putei soobshch.*]]. Irkutsk, 2012, 166 p.

6. Keeney, R. L., Raiffa, H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs [Transl. from English by V. V. Podinovsky, M. G. Gaft, V. S. Babintsev]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1981, 560 p.

7. Nogin, V. D. Decision-making in a multi-criteria environment: a qualitative approach [*Prinyatie reshenii v mnogokriterialnoi srede: kachestvenniy podkhod*]. 2 ed., rev. and enl. Moscow, Fizmatlit publ., 2005, 176 p.

8. Kharitonova, E. Effective decision making [*Effektivnoe prinyatie reshenii*]. Translated from English by S. Druzhchenko. Moscow, Alpina Business Books, 2006, 184 p.

9. Kholodov, P. N. Multicriteria choice of the optimal solution for design of railways [*Mnogokriterialniy vybor optimalnogo resheniya pri proektirovanii zheleznykh dorog*]. *Sovremennie tekhnologii. Sistemniy analiz. Modelirovanie*, 2011, Iss. 1, pp. 76–82.

10. Orlov, A. I. Theory of decision making: Textbook [*Teoriya prinyatiya reshenii: Uchebnik*]. Moscow, Ekzamen publ., 2006, 573 p.

11. Saaty, T. L. Decision making. The Analytic hierarchy process. Trans. from English by R. G. Vachnadze. Moscow, Radio i svyaz publ., 1993, 278 p.

12. Saaty, T. L. Decision making with dependence and feedback: the analytic network process. Moscow, Izdatel'stvo LKI, 2008, 360 p.

13. Kholodov, P. N., Podverbniy, V. A. The decision support system («Valeria») [*Sistema podderzhki prinimaemykh reshenii («Valeria»)*]. Certificate on state registration of computer programs No. 2010617609 of 17.11.2010.

УДК 656.131.2
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-152-169

О проблеме организации стоянок и работе диспетчерских служб заказов такси в Москве






Дмитрий МОРОЗ **Норайр БЛУДЯН** **Сергей АЛЕКСЮК** **Радион АЙРИЕВ**

Мороз Дмитрий Геннадьевич *– Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.*
Блудян Норайр Оганесович *– Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.*
Алексюк Сергей Сергеевич *– Департамент транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, Москва, Россия.*
Айриев Радион Саркисович *– ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия*.*

В статье рассмотрены технологические аспекты системы организации перевозок пассажиров и багажа легковыми такси в мегаполисах, в том числе на примере ряда стран.

Проведён анализ нормативно-правового регулирования и технологического развития таксомоторных перевозок в Московской агломерации, в том числе действующей системы организации работы диспетчерских служб заказов легковых такси с учётом централизации информационных потоков в единой городской системе.

Анализ методик планирования размещения стоянок такси показывает, что используются устаревшие подходы к решению подобной задачи без применения современных информационно-коммуникационных технологий. В этой связи предложены методические основы планирования организации стоянок такси на основе геоинформационных данных в городе Москве.

Выполненные исследования и анализ позволили определить актуальность и целесообразность существующих и обоснование планирования новых стоянок легковых такси с учётом требования к рациональности их расположения с точки зрения обеспечения быстрого подхода пассажиров, а также сокращения времени подачи автомобилей.

Предлагаемая методика с использованием точных координат, полученных от крупнейших диспетчерских служб заказа легковых такси в Единой региональной навигационно-информационной системе города Москвы, позволяет реализовать указанные требования.

Ключевые слова: автотранспорт, городской транспорт, таксомоторные перевозки, перевозка пассажиров и багажа, методика планирования стоянок такси, геоинформационные данные, повышение эффективности, мегаполис.

---

*Информация об авторах:
Мороз Дмитрий Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия. dgm1984@mail.ru.
Блудян Норайр Оганесович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильных перевозок Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, ap@madi.ru.
Алексюк Сергей Сергеевич – начальник отдела развития таксомоторных перевозок Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы, Москва, Россия, AleksyukSS@mos.ru.
Айриев Радион Саркисович – советник заместителя генерального директора ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия, ayrievrs@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 26.02.2019, принята к публикации 11.06.2019.

For the English text of the article please see p. 161.

Перевозки с помощью такси являются важной составной частью обеспечения транспортной мобильности горожан. Так, в Москве по состоянию на 7 июня 2018 года таксомоторную деятельность осуществляли 3111 индивидуальных предпринимателей (8 463 действующих разрешения) и 1 147 юридических лиц (38 476 действующих разрешений) [1].

В российской столице деятельность такси регулируется целым рядом городских нормативных актов, принимаемых на основе федерального законодательства.

В целях реализации требований Федерального закона РФ от 21 апреля 2011 г. № 69-ФЗ [2] в г. Москве были приняты закон города Москвы от 11 июня 2008 г. № 22 «О такси в городе Москве» (актуализированная редакция от 22.06.2011 г.) [3], постановление Правительства г. Москвы от 28 июля 2011 г. № 278-ПП «О мерах по реализации Федерального закона от 21 апреля 2011 г. № 69-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (вместе с «Административным регламентом предоставления государственной услуги города Москвы «Выдача разрешения, переоформление разрешения, выдача дубликата разрешения и аннулирование разрешения на осуществление деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси на территории города Москвы», «Положением о реестре выданных разрешений на осуществление деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси на территории города Москвы») [4]. В соответствии с этими нормативно-правовыми актами были утверждены административный регламент предоставления государственной услуги по выдаче разрешений [5], положение о реестре и форма разрешения [4].

Постановлением Правительства Москвы от 15.05.2012 г. № 198-ПП утверждён Административный регламент исполнения Московской административной дорожной инспекцией государственной функции по осуществлению регионального государственного контроля требований в сфере перевозок пассажиров и багажа легковым такси на территории города Москвы [6].

В целях повышения эффективности транспортного обслуживания Правительства Москвы и Московской области заключили 28 июня 2011 года соглашение «О взаимодействии в сфере организации перевозок пассажиров и багажа легковым такси на территориях города Москвы и Московской области» [7].

Проблема организации деятельности такси является актуальной во всех крупнейших городах мира. Совершенствуется правовое регулирование на локальном, местном уровне [см., например, 8, регулирование в Сиэтле (США), 9 – в провинции Британская Колумбия (Канада)] и, в некоторых случаях, регулирование или обсуждение проблем проводится и на национальном уровне [см., например, 10 – Великобритания, 11 – Ирландия], также этому вопросу посвящено большое число научных работ (например, [12]). Анализируя международный опыт организации таксомоторной деятельности можно заключить, что большинство развитых стран (мегаполисов) прошли путь изменения подходов к регулированию рынка таксомоторных перевозок от жесткой системы регулирования к линеаризации и обратно [13, с. 15]. Система государственного контроля после прохождения «либерального» этапа становится более жёсткой и структурированной [14, с. 24].

Ввиду заинтересованности Департамента транспорта города Москвы в создании научно-обоснованной методики организации стоянок такси к исследованиям привлекаются экспертные организации. Так, в Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете (МАДИ) на кафедре «Автомобильные перевозки» создана научно-методическая база и накоплен большой опыт проведения исследований в области организации транспортного обслуживания населения легковыми такси [15–20].

Как правило, в центре внимания при обсуждении и планировании деятельности, связанной с городским такси, находятся вопросы выдачи лицензий, требования к водителям и техническому состоянию автопарка, организации диспетчерских служб и стоянок такси.

Анализируемые вопросы часто рассматриваются как соотношения регулируемой и нерегулируемой перевозочной деятельности, а также последствия организационных и регулирующих мер в виде соотношения доли заказов, обслуживаемых через диспет-

черские компании, со стоянок такси и при остановке такси вне стоянок. Примером такого исследования является [21, например, глава 3.1 An Overview of Taxi Markets and Regulatory Systems].

Целями данного исследования являются выявление актуальных информационных технологий деятельности служб диспетчерских заказов такси и их регулирования, а также возможности их использования для создания современных методик организации стоянок такси в условиях города Москвы.

В работе авторами используются *методы* статистического и правового анализа, графоаналитические методологические инструменты.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ТАКСОМОТОРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Рост числа диспетчерских служб заказа легковых такси (мобильных агрегаторов), а также доли оформленных через них поездок, во многом связан с насыщением рынка мобильного интернета в России в целом, а также в малых и средних городах.

Согласно данным Минкомсвязи в первом полугодии 2017 г. мобильный интернет-трафик в России достиг 2,82 млрд гигабайт [22, с. 1]. По сравнению с первой половиной 2016 г. он вырос почти на 90 %. Это самые высокие темпы роста за последние три года. В первом полугодии 2016 г. по сравнению с аналогичным периодом 2015 г. рост составил 39 %, за первые шесть месяцев 2015 г. – 63 %. За весь 2016 г. мобильный дата-трафик в России вырос на 48 %.

По данным AC&M–Consulting [22, с. 1], в первом полугодии 2017 г. ежемесячная аудитория мобильного интернета составила 114,8 млн пользователей: это на 9 % больше, чем годом ранее.

Учитывая современные тенденции развития мобильных технологий, можно сделать вывод об их непосредственном влиянии и на развитие шеринговых поездок. Шеринговые поездки – это интернет-сервисы совместных поездок, где стоимость услуги снижается за счёт коллективного использования. В шеринговой системе цена поездки устанавливается персонально каждым водителем. В Германии, Испании и Франции райдшеринг стал почти что альтернативой общественному транспорту. Именно поэтому в Барселоне, Мадриде, Париже водители такси проводят забастовки против таких сервисов: пассажиры отказываются от использования официальных такси в пользу «частных попутчиков».

ДИСПЕТЧЕРСКИЕ СЛУЖБЫ ЗАКАЗОВ ЛЕГКОВЫХ ТАКСИ

В настоящее время в Москве представлены следующие основные диспетчерские службы заказа легковых такси: Яндекс. Такси, Uber, Gett, Ситимобил, Везёт, In Driver.

Яндекс.Такси – сервис онлайн-заказа такси через мобильное приложение или веб-сайт taxi.yandex.ru. Является одной из крупнейших диспетчерских служб заказа легковых такси (мобильных агрегаторов) в России по числу заказов. Сервис передаёт заказ тому водителю, который сможет приехать быстрее всего с учётом местоположения пользователя и дорожной обстановки.

По состоянию на апрель 2018 года сервис Яндекс. Такси работал в 126 крупных городах России, Беларуси, Молдовы, Украины, Армении, Грузии, Кыргызстана, Казахстана. С марта 2018 года сервис также начал работу в Латвии, с 4 апреля 2018 года – в Узбекистане. В общей сложности к нему подключено более 200 тысяч водителей. Доступные тарифы в разных городах отличаются. Полная линейка включает классы обслуживания: Эконом, Комфорт, Комфорт+, Бизнес и Минивэн.

Gett работает в 72 городах Израиля, в более чем 100 городах России, в 9 городах Великобритании и в Нью-Йорке.

Uber – стартап из Сан-Франциско, мобильное приложение для поиска, вызова и оплаты такси или частных водителей. На сегодняшний день приложение работает более чем в 300 городах 57 стран мира. В Москве приложение Uber работает с ноября 2013 года.

Ситимобил – один из ведущих сервисов заказа такси через мобильное приложение, веб-сайт или оператора. История компании берёт своё начало с 2007 г. Уже тогда Ситимобил применил прогрессивную систему – была установлена новая программа, позволяющая автоматизированно раздавать заказы ближайшему автомобилю. В сфере таксомоторных перевозок это был технологический прорыв. Благодаря улучшенному сервису

время ожидания автомобиля сократилось до 10 минут. Холостые пробеги между заказами сократились на порядок, что помогло привлечь в отрасль тысячи водителей. С компанией Ситимобил работают более 20000 водителей по классу Эконом, Комфорт и Бизнес, осуществляющих свою деятельность на основании официальных разрешений.

РЕГУЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИСПЕТЧЕРСКИХ СЛУЖБ ЗАКАЗА ЛЕГКОВЫХ ТАКСИ

До настоящего времени федеральным законодательством деятельность мобильных агрегаторов не регулируется. Правительством Российской Федерации не выполнен подпункт «ж» пункта 1 поручения Президента Российской Федерации В. В. Путина по итогам заседания президиума Государственного совета РФ 22.09.2017 г. [23] по регулированию деятельности и ответственности агрегаторов.

Постановлением Правительства Москвы от 24.01.2017 г. № 9-ПП «О мерах по совершенствованию организации таксомоторных перевозок в городе Москве и внесении изменения в постановление Правительства Москвы от 15 февраля 2011 г. № 32-ПП» [24] модернизировано регулирование деятельности диспетчерских служб заказа легковых такси в городе Москве.

Для нас принципиально важно, что диспетчерские службы заказа легковых такси в городе Москве предоставляют в государственную информационную систему «Единая региональная навигационно-информационная система города Москвы» (далее – ЕРНИС) массив сведений, включающий:

- данные о местоположении легковых такси, получающих заказы с указанием статуса «свободен/занят»;
- номер разрешения на осуществление деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси;
- номер государственного регистрационного знака легкового такси.

Регламент информационного взаимодействия диспетчерских служб заказа легковых такси в городе Москве с ЕРНИС и сроки передачи информации установлены приказом Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры города Москвы от 06.03.2017 г. № 61-02-76/7 [25]. В соответствии с этим Регламентом, передача навигационных данных от информационной системы диспетчерской службы в ЕРНИС осуществляется по протоколу межсистемного взаимодействия EGTS в соответствии с приказом Минтранса России от 31 июля 2012 г. № 285 [26].

Периодичность передачи данных (навигационных отметок) от бортового оборудования транспортных средств для приёма в информационной системе диспетчерской службы и последующей передачи в ЕРНИС должна быть не реже одного раза в 20 секунд либо при получении данных с дополнительного оборудования.

ОЦЕНКА МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ СТОЯНОК ТАКСИ

Вопросы организации стоянок такси регулируются за рубежом на местном уровне, а вопросы регламентации их конструирования отнесены в некоторых случаях к ведению саморегулирующихся организаций [27 – технические требования к проектированию стоянок такси Австралийской отраслевой ассоциацией такси]. Вопросы организации стоянок такси обоснованно рассматриваются как в контексте улучшения транспортного обслуживания населения, так и в целях регулирования загруженности городского трафика, повышения его предсказуемости. Примеры таких подходов можно найти в отношении Нью-Йорка [28] и других мегаполисов.

В любом случае, проблема правильной и эффективной организации стоянок находится в центре внимания городских властей многих крупнейших городов мира. Не менее остро она проявляется и в Москве, что подтверждается возросшим количеством обращений от таксомоторного сообщества.

Научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта была разработана методика определения количества, размещения и ёмкости таксомоторных стоянок [29, с. 10–30].

Рациональное местоположение стоянки по указанной методике определяется графоаналитическим способом. В районе города, в котором необходимо разместить стоянку такси, выбирается основная транспортная магистраль, по которой проходят крупные транспортные потоки. На схеме района с транспортной магистралью наносятся площади микрорайонов и указывает-

Таблица 1

Коэффициент планировочной структуры города

Города	$K_{пл}$
С радиальной и радиально-кольцевой структурой магистралей	1,2
С территориями жилых районов и центра, разделёнными водным пространством, парками, крупными промышленными зонами (некомпактная форма территории)	1,6
С компактной формой территории и прямоугольной структурой магистралей	1,3
Вытянутые по площади в длину, с удалённостью жилых районов от мест приложения труда не более 3 км	1,3
Такие же, но с расстоянием более 3 км	1,8

ся численность проживающего, работающего или прибывающего населения – N_i. На площади каждого микрорайона определяется центр тяжести и из него опускается перпендикуляр на основную транспортную магистраль – o_i. От условной точки Z, выбранной на основной магистрали, находится расстояние до каждого перпендикуляра. Величина среднего расстояния от условной точки Z до рационального местоположения стоянки X рассчитывается по формуле:

$$ZX = \frac{z_{o_1} \cdot N_1 + z_{o2} \cdot N_2 + z_{o_i} \cdot N_i}{N_1 + N_2 + N_3}, \quad (1)$$

где ZX – расстояние от начала отсчёта до местоположения стоянки;

Z_{Oi} – расстояние от условной точки Z до оснований перпендикуляров.

Для определения площади, обслуживаемой таксомоторной стоянкой, из найденной точки X проводится окружность радиуса R_{max}, и по линии окружности размещаются точки местоположения специальных автоматов вызова такси, для того чтобы затраты времени на наём автомобиля-такси не превышали допустимую величину. Автомат вызова такси – это устройство для двусторонней связи пассажира с диспетчером таксомоторной стоянки.

Главным критерием при размещении пунктов заказа автомобилей-такси на территории района города, является максимальная дальность подхода к ним. Согласно методике она не должна превышать 500 метров. Затраты времени на подход и оформление заказа должны составлять 10 минут. При этом максимальную удалённость пункта заказа от районной стоянки можно определить по формуле:

$$R_{\max} = \frac{V_t \cdot (t\delta - 10)}{60}, \quad (2)$$

где V_t – техническая скорость автомобиля, км/ч;

$t\delta$ – максимально допустимое время подачи автомобиля (включая время заказа), мин.

Площадь территории города, обслуживаемая одной стоянкой (Fc) и несколькими пунктами заказа, будет равна:

$$Fc = \varpi \cdot (R_{\max} + 0{,}5)^2. \quad (3)$$

Например, при V_t = 28 км/ч и $t\delta$ = 12 минут, максимальная удалённость пункта заказа будет равна 930 метров, а площадь территории города, обслуживаемой одной стоянкой, будет равна 6,2 км^2. Общее количество таксомоторных стоянок в городе (N) определяется по формуле:

$$N = \frac{Fo}{Fc} = \frac{Fo}{\pi \cdot (R_{\max} + 0{,}5)^2}, \quad (4)$$

где Fo – площадь освоенной территории города, км^2.

Общее же количество автоматов вызова автомобилей-такси в городе определяется по формуле:

$$n_a = Fo - \varpi \cdot N \cdot R_{\max}. \quad (5)$$

Ёмкость таксомоторной стоянки рассчитывается по формуле:

$$S = \frac{A \cdot \omega \cdot \gamma_{ij} \cdot p_r \cdot t_п \cdot \eta_{вп} \cdot \eta_{пр}}{60 \cdot q \cdot l_{ср}}, \quad (6)$$

где ω – коэффициент платного пробега автомобиля-такси – коэффициенты внутричасового пика, соответственно отношение максимального количества отправления корреспонденций и максимального количества прибытий автомобилей за десятиминутный интервал часа пик к среднему их значению за все шесть интервалов часа пик;

q – средняя наполняемость автомобиля-такси, чел.;

γ_{ij} – удельный вес корреспонденции i-го района, который обслуживает стоянка, в общем объёме корреспонденций;

p_r – коэффициент часовой неравномерности отправлений пассажиров из района;

$t_п$ – время занятия одного места стоянки автомобилем, мин;

$l_{ср}$ – средняя дальность поездки пассажира, км.

Среднюю длину поездки пассажира можно определить по формуле:

$$l_{ср} = 1{,}8 + 0{,}3 \cdot K_{ПЛ} \cdot \sqrt{Fo}, \quad (7)$$

где $K_{пл}$ – коэффициент планировочной структуры города;

1,8 и 0,3 – эмпирические коэффициенты.

Проведённые расчёты позволяют определить местоположения стоянки и автоматов вызова автомобили такси (рис. 1).

Указанным документом [29, с. 10–30] были выработаны рекомендации по организации сети таксомоторных стоянок в городах с различной численностью населения.

Анализ приведённой методики определения количества, размещения и ёмкости таксомоторных стоянок выявил существенную проблему при её реализации – ограниченность свободного пространства в городе и мест для размещения таксомоторных стоянок. Её использование возможно на практике при проектировании новых микрорайонов городов или новых городов.

Методика носит теоретический аналитический характер и включает в себя много параметров, определение которых, в свою очередь, представляет собой серьёзную проблему. Методика не имеет практической ценности в условиях рыночных отношений и для городов с устоявшейся инфраструктурой. Существенным недостатком методики является также применение устаревших подходов плановой государственной экономики к решению задачи и неиспользование возможностей современных передовых информационно-коммуникационных технологий.

В этой связи возникает необходимость замены устаревшей методики на более актуальную и практико-ориентированную схему с целью повышения качества услуг таксомоторных перевозок.

МЕХАНИЗМ ПЛАНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ СТОЯНОК ТАКСИ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ

При современном развитии информационных технологий задача рационального размещения стоянок должна решаться с использованием принципиально иных подходов. В современных условиях, учитывая развитие цифровых технологий, целесообразно при решении проблемы организации стоянок такси использовать большие массивы данных, получаемые с помощью системы ГЛОНАСС/GPS. В целях городского планирования возможно использование данных, передаваемых в соответствии с Регламентом информационного взаимодействия от крупнейших диспетчерских заказов легковых такси в Единую региональную навигационно-информационную систему города Москвы [23, 24].

Проведённый анализ статистических данных количества переданных статусов «свободен/занят» позволил установить в разрезе районов (в среднем за сутки) наиболее часто встречающиеся точки начала и окончания поездок на такси (таблицы 2, 3).

Для решения задачи с использованием геоинформационных данных необходимо определить следующий состав информации по начальным и конечным точкам маршрута легковых такси (таблица 4).

На первом этапе планирования необходимо массив данных, содержащий информацию по начальным и конечным точкам маршрута легковых такси, разбить на блоки по часам суток с интервалом в один час в разрезе района.

На втором этапе необходимо построить ранжированные таблицы (таблица 5) данных о количестве мест посадки/высадки пассажиров.

На завершающим этапе проводится анализ потенциальных возможностей и моделирование конкретного местоположения универсальных стоянок для автомобилей такси с учётом изменения мест тяготений автомобилей такси в разрезе часов суток, дней недели и сезонности.

ПРИМЕР ПРАКТИЧЕСКОЙ ПРИМЕНИМОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЕДЛАГАЕМОЙ МЕТОДИКИ

Обратимся к результатам исследования одного из районов Москвы – Тверского. В результате выполненной работы с использованием большого массива данных ЕРНИС были выявлены места продолжительной остановки легковых такси в этом районе. Выбор производился по локациям, в которых наблюдается большое количество заказов за два и более часов подряд (таблица 6).

Анализ времени использования стоянок легковых такси показывает их неравномерное заполнение. Обследование показало, что стоянка легковых такси на Моховой улице рядом с Манежной площадью поль-

Таблица 2

Топ 10 районов начала поездок на такси в Москве

№ п/п	Район	Количество начала поездок, ед.	% от общего количества	Совокупный %
1	Тверской	8009	5,85	36,52
2	Пресненский	7249	5,3	
3	Таганский	5477	4,01	
4	Басманный	5231	3,83	
5	Хамовники	4410	3,22	
6	Красносельский	4373	3,19	
7	Раменки	4146	3,03	
8	Дорогомилово	3846	2,81	
9	Мещанский	3597	2,63	
10	Даниловский	3576	2,61	
11–144	Остальные районы (в среднем)	1484	1,86	63,48

Таблица 3

Топ 10 районов окончания поездок на такси в Москве

№ п/п	Район	Количество концов поездок, ед.	% от общего количества	Совокупный %
1	Пресненский	7166	5,39	35,35
2	Тверской	6768	5,09	
3	Басманный	5631	4,24	
4	Таганский	4537	3,41	
5	Раменки	4255	3,21	
6	Хамовники	4152	3,13	
7	Красносельский	3820	2,88	
8	Даниловский	3584	2,7	
9	Дорогомилово	3531	2,66	
10	Люблино	3479	2,62	
11–144	Остальные районы (в среднем)	1478	1,11	64,65

Таблица 4

Состав информации по начальным и конечным точкам поездок легковыми такси

№ п/п	Наименование поля	Тип данных	Примечание
1	Дата и время	Дата	Дата и время создания данных (с точностью до миллисекунды)
2	Широта	Числовой	В проекции WGS84, десятичные градусы с точностью до 3 знаков после запятой (±50 м)
3	Долгота	Числовой	В проекции WGS84, десятичные градусы с точностью до 3 знаков после запятой (±50 м)

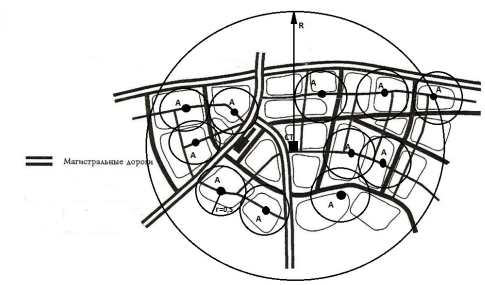


Рис. 1. Схема размещения районной стоянки и автоматов вызова.
Условные обозначения: СТ – стоянка автомобилей-такси; А – автоматы вызова автомобилей-такси; R – радиус территории, обслуживаемой стоянкой; r – радиус зоны подхода к автоматам вызова.

зуется повышенным спросом в ночные часы после окончания работы общественного транспорта и не может вместить все легковые такси. В этой связи целесообразно рассмотреть возможность разрешить в ночные часы использовать для стоянки легковых такси дополнительные места, например, стоянку для экскурсионных автобусов.

Локация на пересечении ул. Большая Дмитровка и Камергерского переулка пользуется спросом в связи с организованной там пешеходной зоной. Организация стоянки легковых такси в данном месте не

Таблица 5

Топ 5 координат за период с 00 ч 00 мин до 1 ч 00 мин

№ п/п	Координаты	Число заказов за час
1	55.758 37.612	27
2	55.761 37.620	23
3	55.756 37.614	22
4	55.759 37.611	18
5	55.757 37.613	17

Таблица 6

Места продолжительной остановки легковых такси в Тверском районе города Москвы	Существующие стоянки легковых такси
Моховая улица, Манеж	Есть действующая стоянка
Пересечение Тверской улицы с Газетным и Никитским переулками	Есть действующая стоянка в непосредственной близости: Тверская улица, д. 3
Пересечение ул. Большая Дмитровка и Камергерского переулка	Нет действующих стоянок, пешеходная зона
Неглинная улица, ЦУМ	Есть действующая стоянка
Славянская и Старая площади;	Есть действующая стоянка в непосредственной близости: Лубянский проезд, 25с2
Площадь Тверской заставы, Белорусский железнодорожный вокзал	Есть действующая стоянка
Пересечение Театрального проезда и Никольской улицы	Есть действующая стоянка (установлен знак 3.27 с табличкой 8.4.14 «Кроме такси»)
Триумфальная площадь, д. 2, станция метро Маяковская	Есть действующая стоянка
Пересечение Новослободской улицы и Сущевского Вала	Нет действующих стоянок

представляется возможной. Однако в некоторых странах разрешены движение и стоянка легковых такси в пешеходных зонах. Рекомендуется рассмотреть такую возможность и в городе Москве.

На пересечении Новослободской улицы и Сущёвского Вала установлено большое количество остановок легковых такси (для посадки/высадки пассажиров). Рекомендуется организовать в данном месте стоянку легковых такси.

Естественно, что такие же рекомендации могут быть получены и для любого другого городского района.

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования и анализ позволили определить актуальность и целесообразность существующих и обоснование планирования новых стоянок легковых такси. Одним из основных требований является рациональность расположения стоянок легковых такси, обеспечивающая быстрый подход пассажиров, а также сокращение времени подачи автомобиля такси. Предлагаемая методика с использованием точных координат, полученных от крупнейших диспетчерских служб заказа легковых такси в Единой региональной навигационно-информационной системе города Москвы, позволяет реализовать указанные требования.

Можно сделать вывод, что данная методика с использованием анализа данных геолокации и других предложенных параметров может быть адаптирована и к условиям других мегаполисов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Реестр выданных разрешений на осуществление деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси на территории города Москвы. [Электронный ресурс]: https://www.mos.ru/otvet-transport/kak-proverit-razreshenie-taksi/ свободный. Доступ 26.02.2019.

2. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации от 21.04.2011 № 69-ФЗ (последняя редакция). [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113289/ Доступ 26.02.2019.

3. Закон г. Москвы от 11 июня 2008 г. № 22 «О такси в городе Москве». [Электронный ресурс]: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/ 290052/#ixzz5JXGszy00. Доступ 26.02.2019.

4. Постановление Правительства Москвы от 28 июля 2011 г. № 278-ПП «О мерах по реализации Федерального закона от 21 апреля 2011 г. № 69-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]: http://www.garant.ru/products/ipo/ prime/doc/297249/#ixzz5JXFoPgtY. Доступ 26.02.2019.

5. Административный регламент предоставления государственной услуги города Москвы «Выдача разрешения, переоформление разрешения, выдача дубликата разрешения и аннулирование разрешения на осуществление деятельности по перевозке пассажиров и багажа легковым такси на территории города Москвы», утверждённый постановлением Правительства Москвы от 28.06.2011 г. № 278-ПП «О мерах по реализации Федерального закона от 21.04.2011 г. № 69-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/537906132. Доступ 26.02.2019.

6. Постановление Правительства Москвы от 15.05.2012 г. № 198-ПП «Об утверждении Административного регламента исполнения Московской административной дорожной инспекцией государственной функции по осуществлению регионального государственного контроля за соблюдением юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями требований в сфере перевозок пассажиров и багажа легковым такси на территории города Москвы». [Электронный ресурс]: https://www.mos.ru/madi/documents/taxidoc/ view/6785220/. Доступ 26.02.2019.

7. Соглашение от 28.06.2011 г. «О взаимодействии в сфере организации перевозок пассажиров и багажа легковым такси на территориях города Москвы и Московской области». [Электронный ресурс]: http://docs.cntd.ru/document/537908202. Доступ 26.02.2019.

8. Business Regulations. Rules for Taxis. [Электронный ресурс]: https://www.seattle.gov/business-regulations/taxis-for-hires-and-tncs/taxis. Доступ 26.02.2019.

9. Modernizing Taxi Regulation. Prepared for Ministry of Transportation and Infrastructure by Hara Associates Inc. Ottawa, Ontario. Hara Associates Reference: 1570, June 8, 2018. [Электронный ресурс]: http://www.th.gov.bc.ca/rpt/Documents/20180718_Modernizing%20Taxi%20Regulation.pdf. Доступ 26.02.2019.

10. House of Commons Transport Committee. The Regulation of Taxis and Private Hire Vehicle Services in the UK. Third Report of Session 2003–04. Volume 1. Report, together with formal minutes. Ordered by The House of Commons to be printed 4 February 2004. [Электронный ресурс]: https://publications.parliament.uk/pa/cm200304/cmselect/cmtran/251/251.pdf. Доступ 26.02.2019.

11. National Transport Authority. Taxi Ranks. [Электронный ресурс]: https://www.nationaltransport.ie/taxi-and-bus-licensing/taxi/operating-an-spsv/taxi-ranks. Доступ 26.02.2019.

12. Rienstra S., Bakker P., Visser J. International comparison of taxi regulations and Uber. Technical report. KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis, 2015. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/publication/285235126_International_comparison_of_taxi_regulations_and_Uber/link/565caaba08aeafc2aac7184c/ download. Доступ 26.02.2019.

13. Беккен Йон-Терье. Регулирование рынка таксомоторных услуг в Европе. Институт экономики транспорта. Осло, 2003. [Электронный ресурс]: https://studylib.ru/doc/2472511/regulirovanie-rynka-taksomotornyh-uslug-v-evrope. Доступ 26.02.2019.

14. Schaller Consulting. Taxicab Fact Book, 2004. [Электронный ресурс]: https://www schallerconsult.com'taxi/taxifb.pdf). Доступ 26.02.2019.

15. Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Дурин Д. С., Смыслова Ю. С. Требования к конструкции, оборудованию и режиму работы автомобилей такси // Автоматизация и управление в технических системах. – 2015. – № 3. – С. 173–180.

16. Блудян Н. О., Айриев Р. С., Акопов Ф. В., Реал С. Современная модель организации мультимодальных межрегиональных пассажирских перевозок в условиях агломерации // В мире научных открытий. 2015. – № 6. – С. 233–242.

17. Мороз Д. Г. Некоторые аспекты совершенствования организации таксомоторных перевозок в Московском мегаполисе // Автотранспортное предприятие. – 2013. – № 2. – С. 22–24.

18. Блудян Н. О., Пистун Е. И., Мороз Д. Г., Хейфиц П. И. Агломерационные проблемы организации эффективной транспортной системы // Автоматизация и управление в технических системах. – 2014. – № 2. – С. 3–13.

19. Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Хейфиц П. И. Территориально-транспортное прогнозирование и планирование в московской агломерации // Автотранспортное предприятие. – 2014. – № 2. – С. 18–21.

20. Блудян Н. О. Проблемы организации таксомоторных перевозок в Московском мегаполисе // Автотранспортное предприятие. – 2012. – № 10. – С. 5–8.

21. Global taxi schemes and their integration in sustainable urban transport systems. Overview Paper prepared for Expert Group Meeting on Sustainable Urban Transport: Modernizing and 'Greening' Taxi Fleets in Latin American Cities, BNDES, Rio de Janeiro, 18–19 May 2011. Prepared by Antônio Nélson Rodrigues da Silva, university of São Paulo – USP, São Carlos School of Engineering – Department of Transportation, Ronaldo Balassiano Marcio Peixoto de Sequeira Santos, Federal University of Rio De Janeiro – UFRJ, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE Transport Engineering Programme. [Электронный ресурс]: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/synthesispaper.pdf. Доступ 26.02.2019.

22. Дерк Сауэр. Мобильный интернет в России растёт всё быстрее // Ведомости. – 1999. – 18 сентября 2017 года. [Электронный ресурс]: https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2017/09/18/734306-mobilnii-internet. Доступ 26.02.2019.

23. Перечень поручений по итогам заседания президиума Госсовета. [Электронный ресурс]: http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/55932. Доступ 26.02.2019.

24. Постановление Правительства Москвы от 24.01.2017 г. № 9-ПП «О мерах по совершенствованию организации таксомоторных перевозок в городе Москве и внесении изменения в постановление Правительства Москвы от 15 февраля 2011 г. № 32-ПП». [Электронный ресурс]: https://www.mos.ru/ authority/documents/doc/35928220/. Доступ 26.02.2019.

25. Приказ Департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры г. Москвы от 06.03.2017 г. № 61–02–76/7 «Об утверждении Регламента информационного взаимодействия диспетчерских служб заказа легковых такси в городе Москве с Единой региональной навигационно-информационной системой города Москвы». [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n= 177335&dst=100001#06527366221921675. Доступ 26.02.2019.

26. Приказ Минтранса РФ от 31 июля 2012 г. № 285 «Об утверждении требований к средствам навигации, функционирующим с использованием навигационных сигналов системы ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS и предназначенным для обязательного оснащения транспортных средств категории M, используемых для коммерческих перевозок пассажиров и категории N, используемых для перевозки опасных грузов». [Электронный ресурс]: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70129002/#ixzz5KMleED15. Доступ 26.02.2019.

27. Flexible arranged transport using taxi-cabs and maxi-cabs. [Электронный ресурс]: https://www.iru.org/apps/cms-filesystem-action/Events_2012_taxiforum/AnnexB.pdf. Доступ 26.02.2019.

28. Congestion Reduction Policies Involving Taxis. Prepared for New York City Economic Development Corporation, New York City Department of Transportation. Prepared by Cambridge Systematics, Inc. Technical memorandum 2007. [Электронный ресурс]: https://www.dot.ny.gov/programs/repository/Tech%20Memo%20on%20Cab%20Policies.pdf. Доступ 26.02.2019.

29. Болоненков Г. В. Повышение эффективности использования таксомоторных стоянок. Министерство автомобильного транспорта РСФСР, ЦБНТИ. – М., 1976. – 35 с.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-152-169

Problem of Location of Taxi Ranks and Taxi Dispatch Service Operations in Moscow



Dmitry G. MOROZ



Norayr O. BLUDYAN



Sergey S. ALEKSYUK



Radion S. AYRIEV

Moroz, Dmitry G., *Moscow Automobile and Road Construction Technical University (MADI), Moscow, Russia.*
Bludyan, Norayr O., *Moscow Automobile and Road Construction Technical University (MADI), Moscow, Russia.*
Aleksyuk, Sergey S., *Department of transport and development of road transport infrastructure of the city of Moscow, Moscow, Russia.*
Ayriev, Radion S., *State Unitary Enterprise «Mosgortrans», Moscow, Russia*.*

ABSTRACT

The article considers the technological aspects of organization of passenger and baggage transportation by taxi cabs in megacities, referring particularly to the practices of a number of countries.

The authors analyze legal regulation and technological development of taxi services in Moscow metropolitan area, including the current system for organizing the work of passenger taxi dispatch services taking into account centralization of information flows in a single city system.

An analysis of methods for planning placement of taxi ranks shows that outdated approaches are used to solve that problem without using modern information and communication technologies. In this regard, the methodological foundations of planning the organization of taxi ranks based on geo-information data in the city of Moscow are proposed.

The studies and analysis made it possible to determine relevance and feasibility of existing and justification for planning of new taxi ranks, taking into account the requirements for rationality of location of taxi ranks from the point of view of ensuring a small walking distance for passengers, as well as reducing time of car delivery.

The proposed method using accurate coordinates transmitted by the largest taxi dispatch service companies into the Unified Regional Navigation and Information System of the city of Moscow allows to implement these requirements.

Keywords: *motor transport, city transport, taxi transportation, passenger and baggage transportation, taxi ranks, planning methodology, geo-information data, efficiency increase, megalopolis.*

*Information about the authors:
Moroz, Dmitry G. – Ph.D. (Eng), associate professor of the department of road transportation of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, dgm1984@mail.ru.
Bludyan, Norayr O. – D.Sc. (Eng), professor, head of the department of road transportation of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, ap@madi.ru.
Aleksyuk, Sergey S. – head of the department of development of taxi transportation of Department of transport and development of road transport infrastructure of the city of Moscow, Moscow, Russia, AleksyukSS@mos.ru.
Ayriev, Radion S. – advisor to the deputy director general of State Unitary Enterprise «Mosgortrans», Moscow, Russia, ayrievrs@mail.ru.

Article received 26.02.2019, accepted 11.06.2019.

For the original Russian text please see p. 152.

Introduction. Taxi transportation is an important part of enhanced transport mobility of citizens. So, in Moscow, as of June 7, 2018, 3111 individual entrepreneurs (8 463 valid permits) and 1 147 legal entities (38 476 valid permits) carried out taxi operations [1].

In the Russian capital, taxi operations are regulated by a number of city regulations adopted on the basis of federal legislation.

In order to implement the requirements of the Federal Law of the Russian Federation of April 21, 2011 No. 69-FZ [2] in Moscow, the city of Moscow adopted Moscow City Law of June 11, 2008 No. 22 «On taxi in the city of Moscow» (updated version of June 22, 2011) [3], Decree of the Government of Moscow of July 28, 2011 No. 278-PP «On measures to implement the Federal Law of April 21, 2011 No. 69-FZ «On amending certain legislative acts of the Russian Federation» (together with the «Administrative Regulation for provision of public services in Moscow «Issuing permits, renewing permits, issuing duplicate permits and canceling permits for carrying out activities for transportation of passengers and baggage by taxi in the territory of the city of Moscow», «Regulation on the register of issued permits for implementation of activities for transportation of passengers and baggage by taxi in the territory of the city of Moscow») [4]. In accordance with these regulatory legal acts, the administrative regulations for provision of public services for issuing permits [5], the regulation on the register and the form of permits [4] were also approved.

By the Decree of the Government of Moscow dated May 15, 2012 No. 198-PP, the Administrative Regulation on fulfillment by Moscow administrative road inspectorate of the public function for implementation of regional public control over requirements in the field of passenger and baggage transportation by taxi within the territory of the city of Moscow was approved [6].

In order to increase efficiency of urban transit services, the Governments of Moscow and Moscow region signed an agreement on June 28, 2011 «On cooperation in organization of passenger and baggage transportation by taxi within the territories of the city of Moscow and Moscow region» [7].

The problem of organizing taxi activities is relevant in all major cities in the world. Legal regulation is being improved by regional and local administration [see, for example, 8: regulation in Seattle (USA), 9: in the province of British Columbia (Canada)] and, in some cases, regulation or discussion of problems is carried out at the national level [see, for example, 10: Great Britain, 11: Ireland], a large number of scientific papers (for example, [12]) are also devoted to this issue. Analyzing international experience in organizing taxi services, it can be concluded that most developed countries (megacities) have gone the way of changing approaches to regulating the taxi market from a rigid regulatory system to linearization and vice versa [13, p. 15]. The system of state control after passing through the «liberal» stage becomes more rigid and structured [14, p. 24].

Due to the interest of the Department of transport of the city of Moscow to develop a scientifically based methodology for organizing taxi ranks, expert organizations have been involved in research. So, the department of road transportation of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI) has developed a scietific and methodological base and gained extensive experience in conducting research in the field of provision of taxi services to residents [15–20].

As a rule, when discussing and planning activities related to city taxis, the focus is on issuing licenses, wording requirements for drivers and the technical condition of the fleet, organization of dispatch services and taxi ranks.

The issues under analysis are often considered as the ratio of regulated and unregulated transportation activities, as well as the consequences of organizational and regulatory measures in the form of the ratio of the proportion of trips provided through dispatch companies, from taxi ranks and when taxi stops outside the taxi ranks. An example of such a study is [21, for example, chapter 3.1 An Overview of Taxi Markets and Regulatory Systems].

The *objectives* of this study are to identify relevant information technologies with regard to activities of taxi dispatch companies and regulation of their operations, as well as to explore possibility to use information technology to create modern methods for organizing taxi ranks in Moscow.

The authors use the *methods* of statistical and legal analysis, graphical analytical methodological tools.

Information technology and technological development of taxi transportation

The increase in the number of dispatching services for ordering passenger taxis (mobile aggregators), as well as the share of trips made through them, is largely due to saturation of the mobile Internet market in Russia as a whole, as well as in small and medium-sized cities.

According to the Ministry of Communications in the first half of 2017, mobile Internet traffic in Russia reached 2,82 billion gigabytes [22, p. 1]. Compared to the first half of 2016, it grew by almost 90 %. This is the highest growth rate in the last three years. In the first half of 2016, compared with the same period in 2015, the growth was 39 %, for the first six months of 2015 it was equal to 63 %. For the entire 2016, mobile data traffic in Russia grew by 48 %.

According to AC & M–Consulting [22, p. 1], in the first half of 2017, the monthly audience of mobile Internet amounted to 114,8 million users: this is 9 % more than a year earlier.

Given the current trends in development of mobile technologies, we can conclude that they directly affect development of car sharing trips. Sharing trips are joint travel online services where the cost of the service is reduced due to shared use of a vehicle. In the sharing system, the price of the trip is set personally by each driver. Riding sharing has become almost an alternative to public transport in Germany, Spain and France. That is why in Barcelona, Madrid, Paris, taxi drivers go on strike against such services: passengers refuse to use official taxis in favor of «private companions».

Passenger taxi dispatch services

Currently, the following main taxi dispatch companies are in the market in Moscow: Yandex.Taxi, Uber, Gett, CityMobil, Vezet, In Driver.

Yandex.Taxi is an online taxi booking service available through the mobile application or taxi.yandex.ru website. It is one of the largest passenger taxi dispatch companies (mobile aggregators) in Russia in terms of the number of orders served. The service passes the order to the driver who will be able to arrive faster, taking into account the user's location and traffic conditions.

As of April 2018, the service Yandex. Taxi worked in 126 large cities of Russia, Belarus, Moldova, Ukraine, Armenia, Georgia, Kyrgyzstan, Kazakhstan. In March 2018, the service also began operating in Latvia, and on April 4, 2018, in Uzbekistan. In total, more than 200 thousand drivers are connected to it. Available rates in different cities are different. The full line includes Economy, Comfort, Comfort+, Business and Minivan.

Gett operates in 72 cities in Israel, in more than 100 cities in Russia, in 9 cities in the UK and in New York.

Uber is a startup from San Francisco, a mobile application for finding, calling and paying for taxis or private drivers. To date, the application works in more than 300 cities in 57 countries. In Moscow, the application Uber has been running since November 2013.

CityMobil is one of the leading taxi booking services available through a mobile application, website or an operator. The history of the company dates back to 2007. Even then, CityMobil applied a progressive system: a new program was installed that allowed automated distribution of orders to the nearest car. In the field of taxi transportation, this was a technological breakthrough. Thanks to the improved service, waiting time for a car was reduced to 10 minutes. Idle runs between ordered trips decreased by an order of magnitude, which helped attract thousands of drivers to the industry. More than 20 000 drivers of Economy, Comfort and Business class work with CityMobil, operating on the basis of official permits.

Regulation of passenger taxi dispatch services

Until now, federal legislation does not regulate the activities of mobile aggregators. The Government of the Russian Federation has not implemented subparagraph «g» of paragraph 1 of the instruction of the President of the Russian Federation V. V. Putin following the meeting of the Presidium of the State Council of the Russian Federation on September 22, 2017 [23] on regulation of activities and responsibilities of aggregators.

Resolution of Moscow Government dated January 24, 2017 No. 9-PP «On measures to improve organization of taxi services in the city of Moscow and amending resolution of Moscow Government dated February 15, 2011 No. 32-PP» [24] updated regulation of the activities of taxi dispatch services in the city of Moscow.

It is fundamentally important for us that the passenger taxi dispatch services in Moscow

provide the public information system «The Unified Regional Navigation and Information System of the City of Moscow» (hereinafter – ERNIS) with an array of information, including:

• data on location of passenger taxis receiving orders with indicating the status of «free/occupied»;

• permit number for carrying out activities on transportation of passengers and baggage by a passenger taxi;

• number of the state registration plate of a passenger taxi vehicle.

The procedure for information interaction of taxi dispatch services in Moscow with ERNIS and timing for transmission of information are established by order of the Department of transport and development of road transport infrastructure of the city of Moscow dated March 06, 2017 No. 61-02-76/7 [25]. In accordance with this Regulation, transfer of navigation data from the information system of the dispatch service to ERNIS is carried out according to EGTS intersystem interaction protocol in accordance with the order of the Ministry of Transport of Russia dated July 31, 2012 No. 285 [26].

The frequency of transmission of data (navigation marks) from the onboard equipment of vehicles to the information system of the dispatch service followed by its transmission to ERNIS should be made at least once every 20 seconds or when receiving data from additional equipment.

Assessment of taxi ranks planning methodology

The issues of organizing taxi ranks are regulated abroad at the local level, and the issues of regulating their construction are referred in some cases to responsibility of self-regulatory organizations [27: technical requirements for design of taxi stops by Australian Industry Taxi Association]. The issues of organizing taxi ranks are reasonably considered both in the context of improving transport services provided to the population, and in order to regulate urban traffic congestion and increase its predictability. Examples of such approaches can be found in the practices of New York [28] and other megacities.

In any case, the problem of correct and effective organization of taxi ranks is the focus of the city authorities of many of the largest cities in the world. No less acute it is manifested in Moscow, as evidenced by the increased number of calls from the taxi community.

The research institute of road transport has developed a methodology for determining the number, location and capacity of taxi ranks [29, pp. 10–30].

The rational location of a taxi rank according to the specified method is determined by the graphic-analytical method. In the area of the city in which it is necessary to place a taxi rank, the main transport route is selected, through which large transport flows pass. On the scheme of the district with the transport highway, the areas of the microdistricts are plotted and the number of living, working or arriving population N_i is indicated. The center of gravity is determined within the area of each microdistrict and the perpendicular o_i falls onto the main transport highway. From the conditional point Z selected on the main highway, a distance to each perpendicular is found. The average distance from the conditional point Z to the rational location of the taxi lot X is calculated by the formula:

$$ZX = \frac{z_{o_1} \cdot N_1 + z_{o2} \cdot N_2 + z_{o_i} \cdot N_i}{N_1 + N_2 + N_3}, \quad (1)$$

where ZX is distance from the reference point to the taxi rank location;

Z_{Oi} is distance from the conditional point Z to the bases of the perpendicular.

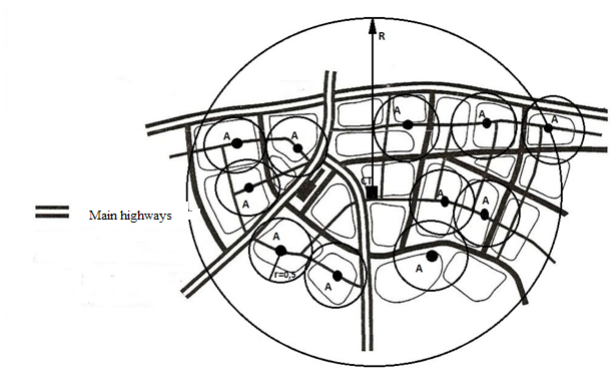
To determine the area serviced by taxi rank, a circle of radius R_{max} is drawn from the found point X, and the location points of special taxi call automatic machines are placed along the circle line so that time required to rent a taxi car does not exceed the allowable value. A taxi call machine is a device for two-way communication of a passenger with a taxi dispatcher.

The main criterion when placing points for ordering taxi cars in the city district is the maximum range of walking distance to them. According to the methodology, it should not exceed 500 meters. Time required to approach and place an order should be 10 minutes. In this case, the maximum distance of the order point from the district taxi rank can be determined by the formula:

$$R_{\max} = \frac{V_t \cdot (t\delta - 10)}{60}, \quad (2)$$

where V_t is technical speed of a car, km/h;

$t\delta$ is maximum allowable time for car delivery (including order time), min.



Pic. 1. The layout of the district taxi rank and call machines.
Legend: CT – taxi rank; A – taxi call automatic machines; R – radius of the territory served by the taxi rank; r – radius of the approach zone to the call machines.

Table 1

Coefficient of the planning structure of the city

Cities	K_{pl}
With radial and radial-ring structure of highways	1,2
With territories of residential areas and the center, divided by water, parks, large industrial zones (non-compact form of the territory)	1,6
With a compact shape of the territory and a rectangular structure of highways	1,3
Elongated areas by length, with remoteness of residential areas from places of employment for not more than 3 km	1,3
The same, but with a distance of more than 3 km	1,8

The area of the city territory served by one taxi rank (Fc) and several points of calling will be equal to:

$$Fc = \varpi \cdot (R_{\max} + 0{,}5)^2. \quad (3)$$

For example, with V_t = 28 km/h and $t\delta$ = 12 minutes, the maximum distance of the call point will be 930 meters, and the area of the city served by one taxi rank will be 6,2 km^2. The total number of taxi ranks in the city (N) is determined by the formula:

$$N = \frac{Fo}{Fc} = \frac{Fo}{\pi \cdot (R_{\max} + 0{,}5)^2}, \quad (4)$$

where Fo is area of the developed territory of the city, km^2.

The total number of automatic machines for calling taxi cars in the city is determined by the formula:

$$n_a = Fo - \varpi \cdot N \cdot R_{\max}. \quad (5)$$

The capacity of taxi rank is calculated by the formula:

$$S = \frac{A \cdot \omega \cdot \gamma_{ij} \cdot p_r \cdot t_n \cdot \eta_{vp} \cdot \eta_{pr}}{60 \cdot q \cdot l_{av}}, \quad (6)$$

where ω is coefficient of paid mileage of a taxi car which is determined by coefficients of the intra-hour peak, and respectively by the ratio of the maximum number of departures and of the maximum number of arrivals of cars during a ten-minute rush hour interval to their average value during all six intervals within a rush hour;

q – average occupancy of a taxi car, people;

γ_{ij} –proportion of travels started in the i-th district that the taxi rank serves in the total volume of travels;

p_r –coefficient of uneven hourly departures of passengers from the district;

$t_п$ – the time that a parking place is occupied by a car, min;

l_{av} – average passenger travel distance, km.

The average passenger travel distance can be determined by the formula:

$$l_{av} = 1{,}8 + 0{,}3 \cdot K_{PL} \cdot \sqrt{Fo}, \quad (7)$$

where K_{pl} is coefficient of the planning structure of the city;

1,8 and 0,3 – empirical coefficients.

The calculations allow to determine the location of the taxi ranks and automatic machines for calling taxi cars (Pic. 1).

The specified document [29, pp. 10–30] set recommendations on organization of a

Table 2

Top 10 Moscow districts where taxi rides start

No.	District	Number of starts of rides, units	% of the total number	Total %
1	Tverskoy	8009	5,85	36,52
2	Presnensky	7249	5,3	
3	Tagansky	5477	4,01	
4	Basmanny	5231	3,83	
5	Khamovniki	4410	3,22	
6	Krasnoselsky	4373	3,19	
7	Ramenki	4146	3,03	
8	Dorogomilovo	3846	2,81	
9	Meshchansky	3597	2,63	
10	Danilovsky	3576	2,61	
11–144	Other districts (on average)	1484	1,86	63,48

Table 3

Top 10 Moscow districts where taxi rides end

No.	District	Number of ends of rides, units	% of the total number	Total %
1	Presnensky	7166	5,39	35,35
2	Tverskoy	6768	5,09	
3	Basmanny	5631	4,24	
4	Tagansky	4537	3,41	
5	Ramenki	4255	3,21	
6	Khamovniki	4152	3,13	
7	Krasnoselsky	3820	2,88	
8	Danilovsky	3584	2,7	
9	Dorogomilovo	3531	2,66	
10	Lyublino	3479	2,62	
11–144	Other districts (on average)	1478	1,11	64,65

network of taxi ranks in cities with different population numbers.

The analysis of the above methodology for determining the number, location and capacity of taxi ranks has revealed a significant problem in its implementation associated with the limited free space in the city for taxi ranks. Its use is possible in practice when designing new housing estates of cities or new cities.

The methodology has a theoretical analytical character and includes many parameters, determination of which, in turn, is a serious problem. The methodology has no practical value in the conditions of market relations and for cities with well-established infrastructure. A significant drawback of the methodology is the use of outdated approaches of the planned state economy to solving the problem and not using the capabilities of modern advanced information and communication technologies.

In this regard, it becomes necessary to replace the outdated method with a more relevant and practice-oriented scheme in order to improve quality of taxi services.

The mechanism to plan organization of taxi ranks based on geoinformation

With modern development of information technology, the problem of rational allocation of taxi ranks should be solved by using fundamentally different approaches. In modern conditions, taking into account development of digital technologies, it is advisable to use big data obtained using GLONASS/GPS system when solving the problem of organizing taxi ranks. For urban planning purposes, it is possible to use data transmitted in accordance with the Regulation of information interaction from the largest taxi dispatch services to the Unified Regional Navigation and Information System of the city of Moscow [23, 24].

The analysis of statistical data on the number of transmitted statuses «free/occupied» made it

Table 4

Composition of information on start and end points of trips by passenger taxis

No.	Name of the field	Data type	Note
1	Date and time	Date	Date and time of data creation (accurate to milliseconds)
2	Latitude	Numeric	In the projection WGS84, decimal degrees accurate to 3 decimal places (± 50 m)
3	Longitude	Numeric	In the projection WGS84, decimal degrees accurate to 3 decimal places (± 50 m)

Table 5

Top 5 coordinates for the period from 00 h 00 min to 1 h 00 min

No.	Coordinates	Number of orders per hour
1	55.758 37.612	27
2	55.761 37.620	23
3	55.756 37.614	22
4	55.759 37.611	18
5	55.757 37.613	17

Table 6

Places of long-term stopping of passenger taxis in Tverskoy district of Moscow	Existing taxi rank
Mokhovaya street, Manege	There is a taxi rank
Intersection of Tverskaya street with Gazetny and Nikitsky lanes	There is a taxi rank in the immediate vicinity: Tverskaya street, 3
Intersection of Bolshaya Dmitrovka street and Kamergersky lane	There are no taxi ranks, pedestrian zone
Neglinnaya street, TSUM	There is a taxi rank
Slavic and Old squares;	There is a taxi rank in the immediate vicinity: Lubyansky passage, 25s2
Tverskaya Zastava square, Belorussky railway station	There is a taxi rank
Intersection of Theater passage and Nikolskaya street	There is a taxi rank (sign 3.27 with the sign 8.4.14 «Except taxi» is installed)
Triumphal square, 2, Mayakovskaya metro station	There is a taxi rank
Intersection of Novoslobodskaya street and Suschevsky Val	There are no taxi ranks

possible to establish areas with most frequently used (on average per day) points of start and end of taxi rides (Tables 2, 3).

To solve the problem using geoinformation data, it is necessary to determine the following composition of information on start and end points of the route of passenger taxis (Table 4).

At the first planning stage, an array of data containing information on start and end points of the route of passenger taxis should be divided into blocks by hours of the day with an interval of one hour in the context of the district.

At the second stage, it is necessary to build a ranked table (Table 5) of data on the number of locations for passenger embarkation/disembarkation.

At the final stage, an analysis of potential opportunities and modeling of the specific location of universal parking lots for taxi cars is carried out taking into account changes in the places of gravity of taxi cars in the context of hours of the day, days of the week and seasonality.

An example of the practical applicability of the results of the proposed methodology

Let us turn to the results of a study of one of the districts of Moscow called Tverskoy. As a result of the work performed using a large array of ERNIS data, the following locations were identified for the long-term stop of passenger taxis in this area. The selection was made among locations in which a large number of orders were observed for two or more hours in a row (Table 6).

Analysis of time of use of passenger taxi ranks shows their uneven filling. The survey



showed that taxi rank on Mokhovaya street near Manezhnaya square is in high demand at night after the end of work of public transport and cannot accommodate all passenger taxis. In this regard, it is advisable to consider the possibility of using additional locations for parking taxi cars at night, for example, parking for sightseeing buses.

Location at the intersection of Bolshaya Dmitrovka street and Kamergersky lane is in demand in connection with the pedestrian zone organized there. The organization of taxi ranks in this place is not possible. However, some countries allow movement and parking of passenger taxis in pedestrian areas. It is recommended to consider this possibility in the city of Moscow.

At the intersection of Novoslobodskaya street and Suschevsky Val, a large number of passenger taxi stops (for embarkation/ disembarkation of passengers) were revealed. It is recommended to locate there passenger taxi ranks.

Naturally, the same recommendations can be obtained for any other urban area.

Conclusions. The studies and analysis made it possible to determine relevance and feasibility of existing taxi ranks and the rationale for planning new taxi ranks. One of the main requirements is rationality of location of taxi ranks, providing a short walking distance for passengers, as well as reducing time of delivery of a taxi car. The proposed method using accurate coordinates received from the largest taxi dispatch services via the Unified Regional Navigation and Information System of the city of Moscow allows us to implement these requirements.

It can be concluded that this technique using the analysis of geolocation data and other proposed parameters can be adapted to the conditions of other megacities.

REFERENCES

1. The register of permits issued for carrying out activities for transportation of passengers and baggage by taxi within the territory of the city of Moscow [*Reestr vydannykh razreshenii na osushchestvlenie deyatelnosti po perevozke passazhirov i bagazha legkovym taxi na territorii goroda Moskvy*]. [Electronic resource]: https://www.mos.ru/otvet-transport/kak-proverit-razreshenie-taksi/. Last accessed 26.02.2019.

2. The Federal Law «On Introducing Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation» of April 21, 2011 No. 69-FZ (latest edition) [*Federalniy zakon «O vnesenii izmenenii v otdelnie zakonodatelnie akty Rossiiskoi Federatsii «O vnesenii izmenenii v otdelnie zakonodatelnie akty Rossiiskoi Federatsii» ot 21.04.2011 № 69-FZ (poslednyaya redaktsiya)*]. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113289/. Last accessed 26.02.2019.

3. The Law of Moscow of June 11, 2008 No. 22 «On taxi in the city of Moscow» [*Zakon g. Moskvy ot 11 iyunya 2008 № 22 «O taxi v gorode Mosvke»*]. [Electronic resource]: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/290052/#ixzz5JXGszy00. Last accessed 26.02.2019.

4. Decree of Moscow Government of July 28, 2011 No. 278-PP «On measures to implement the Federal Law of April 21, 2011 No. 69-FZ «On introducing amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» [*Postanovlenie Pravitelstva Moskvy ot 28 iyulya 2011 № 278-PP «O merakh po realizatsii Federalnogo zakona ot 21 aprelya 2011 № 69-FZ «O vnesenii izmenenii v otdelnie zakonodatelnie akty Rossiiskoi Federatsii»*]. [Electronic resource]: http://www.garant.ru/products/ipo/ prime/doc/297249/#ixzz5JXFoPgtY. Last accessed 26.02.2019.

5. Administrative regulations for provision of state services in Moscow «Issuing permits, renewing permits, issuing duplicate permits and canceling permits for the carriage of passengers and baggage by taxi in the territory of the city of Moscow», approved by Moscow Government Decree No. 278 of June 28, 2011, No. 278-PP «On measures for the implementation of the Federal Law of April 21, 2011 No. 69-ФЗ»On introducing amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» [*Administrativniy reglament predostavleniya gosudarstvennoi uslugi goroda Moskvy «Vydacha razresheniya, vydacha dublikata razresheniya i annulirovanie razresheniya na osushchestvlenie deyatelnosti po perevozke passazhirov I bagazha legkovym taxi na territorii goroda Moskvy», utverzhdenniy postanovleniem Pravitelstva Moskvy ot 28.06.2011. № 278-PP «O merakh po realizatsii Federalnogo zakona ot 21.04.2011 № 69-FZ «O vnesenii izmenenii v otdelnie zakonodatelnie akty Rossiiskoi Federatsii»*]. [Electronic resource]: http://docs.cntd.ru/document/537906132. Last accessed 26.02.2019.

6. Decree of the Government of Moscow dated May 15,2012 No. 198-PP «On approval of the Administrative Regulation for Moscow Administrative Road Inspection to perform the state function to carry out regional state control over compliance by legal entities and individual entrepreneurs with requirements in the field of passenger and baggage carriage by taxi in the territory of Moscow city [*Postanovlenie Pravitelstva Moskvy ot 15.05.2012 № 198-PP «Ob utverzhdenii Administrativnogo reglamenta ispoleniya Moskovskoi administrativnoi dorozhnoi inspektsiei gosudarstvennoi funktsii po osushchestvleniyu regionalnogo gosudarstvennogo kontrolya za soblyudeniem yuridicheskimi litsami i individualnymi predprinimatelyami trebovanii v sfere perevozok passazhirov i bagazha legkovym taxi na territorii goroda Moskvy»*]. [Electronic resource]: https://www.mos.ru/madi/documents/taxidoc/ view/6785220/. Last accessed 26.02.2019.

7. Agreement dated June 28, 2011 «On cooperation in the field of organization of transportation of passengers and baggage by passenger taxi within the territories of the city of Moscow and Moscow region» [*Soglashenie ot 28.06.2011 «O vzaimodeistvii v sfere organizatsii perevozok passazhirov i bagazha legkovym taxi na territoriyakh goroda Moskvy i Moskovskoi oblasti»*]. [Electronic resource]: http://docs.cntd.ru/document/537908202. Доступ 26.02.2019.

8. Business Regulations. Rules for Taxis. [Electronic resource]: https://www.seattle.gov/business-regulations/taxis-for-hires-and-tncs/taxis. Last accessed 26.02.2019.

9. Modernizing Taxi Regulation. Prepared for Ministry of Transportation and Infrastructure by Hara Associates Inc. Ottawa, Ontario. Hara Associates Reference: 1570, June 8, 2018. [Electronic resource]: http://www.th.gov.

bc.ca/rpt/Documents/20180718_Modernizing%20Taxi%20Regulation.pdf. Last accessed 26.02.2019.

10. House of Commons Transport Committee. The Regulation of Taxis and Private Hire Vehicle Services in the UK. Third Report of Session 2003–04. Volume 1. Report, together with formal minutes. Ordered by The House of Commons to be printed 4 February 2004. [Electronic resource]: https://publications.parliament.uk/pa/cm200304/cmselect/cmtran/251/251.pdf. Last accessed 26.02.2019.

11. National Transport Authority. Taxi Ranks. [Electronic resource]: https://www.nationaltransport.ie/taxi-and-bus-licensing/taxi/operating-an-spsv/taxi-ranks. Last accessed 26.02.2019.

12. Rienstra, S., Bakker, P., Visser, J. International comparison of taxi regulations and Uber. Technical report. KiM Netherlands Institute for Transport Policy Analysis, 2015. [Electronic resource]: https://www.researchgate.net/publication/285235126_International_comparison_of_taxi_regulations_and_Uber/link/565caaba08aeafc2aac7184c/download. Last accessed 26.02.2019.

13. Bekken, J.-T. Regulation of taxi services market in Europe. Institute of Transport Economics. Oslo, 2003. [Electronic resource]: https://studylib.ru/doc/2472511/regulirovanie-rynka-taksomotornyh-uslug-v-evrope. [Text in Russian]. Last accessed 26.02.2019.

14. Schaller Consulting. Taxicab Fact Book, 2004. [Electronic resource]: https://www schallerconsult.com'taxi/taxifb.pdf). Last accessed 26.02.2019.

15. Bludyan, N.O., Moroz, D.G., Durin, D.S., Smyslova, Yu. S. Requirements for design, equipment and operation of taxi cars [*Trebovaniya k konstruktsii, oborudovaniyu i rezhimu raboty avtomobilei taksi*]. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2015, Iss. 3, pp. 173–180.

16. Bludyan, N. O., Ayriev, R. S., Akopov, F. V., Real, S. The modern model of multimodal inter-regional passenger transportation in agglomeration [*Sovremennaya model' organizatsii multimodalnykh mezhregionalnykh passazhirskikh perevozok v usloviyakh aglomeratsii*]. *V mire nauchnykh otkrytii*, 2015, Iss. 6, pp. 233–242.

17. Moroz, D. G. Some aspects of improving organization of taxi services in Moscow metropolis [*Nekotorie aspekty sovershenstvovaniya organizatsii taksomotornykh perevozok v Moskovskom megapolise*]. *Avtotransportnoe predpryatie*, 2013, Iss. 2, pp. 22–24.

18. Bludyan, N. O., Pistun, E. I., Moroz, D. G., Kheifits, P. I. Agglomeration problems of organizing an efficient transport system [*Aglomeratsionnie problemy organizatsii effektivnoi transportnoi sistemy*]. *Avtomatizatsiya i upravlenie v tekhnicheskikh sistemakh*, 2014, Iss. 2, pp. 3–13.

19. Bludyan, N. O., Moroz, D. G., Kheifits, P. I. Territorial transport forecasting and planning in Moscow metropolitan area [*Territorialno-transportnoe prognozirovanie i planirovanie v moskovskoi aglomeratsii*]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2014, Iss. 2, pp. 18–21.

20. Bludyan, N. O. Problems of organizing taxi transportation in Moscow metropolis [*Problemy organizatsii taksomotornykh perevozok v Moskovskom megapolise*]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2012, Iss. 10, pp. 5–8.

21. Global taxi schemes and their integration in sustainable urban transport systems. Overview Paper prepared for Expert Group Meeting on Sustainable Urban Transport: Modernizing and 'Greening' Taxi Fleets in Latin American Cities, BNDES, Rio de Janeiro, 18–19 May 2011. Prepared by Antônio Nélson Rodrigues da Silva, university of São Paulo – USP, São Carlos School of Engineering – Department of Transportation, Ronaldo Balassiano Marcio Peixoto de Sequeira Santos, Federal University of Rio De Janeiro – UFRJ, Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia – COPPE Transport Engineering Programme. [Electronic resource]: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/synthesispaper.pdf. Last accessed 26.02.2019.

22. Sauer, Derk. Mobile Internet in Russia is growing faster [*Mobilniy internet v Rossii rastet vse bystree*]. *Vedomosti*, 1999, September 18, 2017. [Electronic resource]: https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2017/09/18/734306-mobilnii-internet. Last accessed 26.02.2019.

23. The list of instructions following the meeting of the Presidium of the State Council [*Perechen' poruchenii po itogam zasedaniya prezidiuma Gossoveta*]. [Electronic resource]: http://www.kremlin.ru/acts/assignments/orders/55932. Last accessed 26.02.2019.

24. Decree of Moscow Government dated January 24, 2017 No. 9-PP «On measures to improve organization of taxi services in the city of Moscow and amendments to the Decree of Moscow Government dated February 15, 2011 No. 32-PP» [*Postanovlenie Pravitelstva Moskvy ot 24.01.2017 № 9-PP «O merakh po sovershenstvovaniyu organizatsii taksomotornykh perevozok v gorode Moskve i vnesenii izmeneniya v postanovlenie Pravitelstva Moskvy ot 15 fevralya 2011 № 32-PP»*]. [Electronic resource]: https://www.mos.ru/ authority/documents/doc/35928220/. Last accessed 26.02.2019.

25. Order of the Department of transport and development of road transport infrastructure of the city of Moscow dated March 06, 2017 No. 61-02-76/7 «On approval of the Regulation for information interaction of passenger taxi dispatch services in Moscow with the Unified Regional Navigation and Information System of the city of Moscow [*Prikaz Departamenta transporta i razvitiya dorozhno-transportnoi infrastruktury g. Moskvy ot 06.03.2017 № 61-02-76/7 «Ob utverzhdenii Reglamenta informatsionnogo vzaimodeistviya dispetcherskikh sluzhb zakaza legkovykh taksi v gorode Moskve s Edinoi regionalnoi navigatsionno-informatsionnoi sistemoi goroda Moskvy»*]. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n= 177335&dst=100001#06527366221921675. Last accessed 26.02.2019.

26. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of July 31, 2012 No. 285 «On approval of requirements for navigation aids functioning using navigation signals of GLONASS or GLONASS/GPS system and intended for mandatory equipping of vehicles of category M used for commercial transportation of passengers and of category N used for transportation of dangerous goods [*Prikaz Mintransa RF ot 31 iyulya 2012 № 285 «Ob utverzhdenii trebovanii k sredstvam navigatsii, funktsioniruyushchim s ispolzovaniem navigatsionnykh signalov sistemy GLONASS ili GLONASS/GPS i prednaznachennym dlya obyazatelnogo osnashcheniya transportnykh sredstv kategorii M, ispolzuemykh dlya kommercheskikh perevozok passazhirov i kategorii N, ispolzuemykh dlya perevozki opasnykh gruzov»*]. [Electronic resource]: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70129002/#ixzz5KMleED15. Last accessed 26.02.2019.

27. Flexible arranged transport using taxi-cabs and maxi-cabs. [Electronic resource]: https://www.iru.org/apps/cms-filesystem-action/Events_2012_taxiforum/AnnexB.pdf. Last accessed 26.02.2019.

28. Congestion Reduction Policies Involving Taxis. Prepared for New York City Economic Development Corporation, New York City Department of Transportation. Prepared by Cambridge Systematics, Inc. Technical memorandum 2007. [Electronic resource]: https://www.dot.ny.gov/programs/repository/Tech%20Memo%20on%20Cab%20Policies.pdf. Last accessed 26.02.2019.

29. Bolonenkov, G. V. Increasing the efficiency of using taxi ranks [*Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya taksomotornykh stoyanok*]. Ministry of Road Transport of the RSFSR, TsBNTI. Moscow, 1976, 35 p.

УДК 656.6
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-170-177

Пункты пропуска через государственную границу. Проблемы и пути их решения



Володин Алексей Борисович *– ООО НПК «МорТрансНИИПроект», Москва, Россия*.*

Алексей ВОЛОДИН

В статье рассматриваются вопросы развития системы международных пунктов пропуска, функционирующих в пределах объектов транспортной инфраструктуры.

Предложена классификация трёх блоков задач, связанных с инфраструктурой, технологиями пропуска, администрированием.

Аргументируется необходимость унификации требований к проектированию, строительству, реконструкции, оборудованию и техническому оснащению зданий, помещений и сооружений, необходимых для организации пограничного, таможенного и иных видов контроля, осуществляемого в пунктах пропуска, их интеграции с объектами транспортной инфраструктуры (морскими и речными портами, аэропортами, железнодорожными станциями) на стадии проектирования,

Предлагаются оптимизационные подходы, в том числе, использование перспективных информационных технологий при организации и эксплуатации международных пунктов пропуска. Кроме того, делается вывод о необходимости организации подготовки и повышения квалификации специалистов в данной области на базе транспортных вузов.

Ключевые слова: государственная граница, транспорт, пункт пропуска, транспортная инфраструктура, информационная технология.

---

*Информация об авторе:
Володин Алексей Борисович – кандидат технических наук, доцент, директор по развитию ООО НПК «МорТрансНИИПроект», Москва, Россия, ab.volodin@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 26.02.2019, принята к публикации 30.05.2019.

For the English text of the article please see p. 174.

Протяжённость государственной границы Российской Федерации составляет более 61 тыс. км. Россия граничит на суше и на море с 16 государствами. Большинство субъектов Российской Федерации являются пограничными, а более 13 тыс. км российской государственной границы появились в начале постсоветского периода.

Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года [1] предусматривается создание единой системы и информационной среды мультимодального технологического взаимодействия различных видов транспорта, грузовладельцев и других участников транспортного процесса, а также таможенных, пограничных и других государственных контрольных органов в целях формирования единого транспортного пространства России на базе сбалансированного опережающего развития эффективной транспортной инфраструктуры, а также для увеличения транзитного потенциала и эффективного использования потенциала международных транспортных коридоров.

В настоящее время пункты пропуска через государственную границу являются тем звеном, которому должно быть уделено особое внимание.

Пункты пропуска через государственную границу представляют собой комплексы сооружений и информационных систем, позволяющие осуществлять государственный контроль на границе (в пределах морских и речных портов, аэропортов, железнодорожных и автомобильных станций) в целях обеспечения безопасности общества и государства. Через пункты пропуска проходят трансграничные потоки грузов, товаров, осуществляются международные пассажирские перевозки.

В Российской Федерации по состоянию на май 2019 года 313 функционирующих пунктов пропуска из 386 установленных. Из них автомобильных – 108, железнодорожных – 56, воздушных – 82, морских – 56, смешанных – 7, речных и озёрных – 3 и один пешеходный*.

Пропуск лиц, транспортных средств, грузов, товаров и животных через государственную границу включает осуществление пограничного и таможенного контроля, а в случаях, установленных международными договорами Российской Федерации и федеральными законами, и иных видов контроля – санитарно-карантинного, ветеринарного и фитосанитарного.

Для проведения государственного контроля в пунктах пропуска создаются необходимые здания и сооружения и 19 информационно-технических систем, в том числе паспортного (пограничного) контроля; бесконтактного измерения температуры тела лиц; осмотра (досмотра) багажа и ручной клади, осмотра (досмотра) транспортных средств и товаров, радиационного контроля и пр. [2].

Системы, обеспечивающие работу пунктов пропуска, являются ведомственными системами государственных контрольных органов (в том числе, ФТС России, Роспотребнадзора и Россельзознадзора), а объекты капитального строительства находятся в ведении Минтранса России (ФГКУ «Росгранстрой»).

С решением накопившихся проблем в работе пунктов пропуска, которые выражаются в потере времени и росте затрат на пересечение границы, связаны три блока задач:

1. Инфраструктура.
2. Технология.
3. Администрирование.

1. ИНФРАСТРУКТУРА

В настоящее время только 20 % пунктов пропуска соответствуют Единым типовым требованиям к оборудованию и материально-техническому оснащению пунктов пропуска через внешнюю границу государств – членов Таможенного союза, а 2/3 пунктов пропуска нуждаются в существенной реконструкции и модернизации. Перспективные технологии, такие, как автоматизированный пограничный и таможенный контроль, а также электронное сопровождение грузовых и пассажирских перевозок в международном сообщении в Российской Федерации практически недоступны к применению [3].

Отсутствуют единые нормы проектирования специальных зданий и сооружений, необходимых государственным контрольным органам. В настоящее время требова-

* https://www.mintrans.ru/file/429805.



ния, выставляемые в процессе проектирования пунктов пропуска государственными контрольными органами, обязывают застройщиков создавать и содержать избыточную инфраструктуру.

Кроме того, практика проектирования пунктов пропуска на основе введённых в 2008 году ведомственных типовых требований государственных контрольных органов показывает, что увеличились сроки проектирования пункта пропуска за счёт многочисленных согласований и стоимость строительства объектов из-за выдачи государственными контрольными органами заказчикам строительства завышенных «формальных» технических требований, не учитывающих существующую транспортную инфраструктуру и объёмы грузопотоков.

С другой стороны, анализ показал, что действующие нормативные правовые акты не требуют обязательного комплексного проектного решения объектов транспортной инфраструктуры с инфраструктурой пункта пропуска. В связи с этим последующее создание необходимых объектов пунктов пропуска на территории уже существующих транспортных объектов весьма затруднительно и требует дорогостоящих работ по перекладке коммуникаций, реконструкции отдельных сооружений транспортных объектов и пр.

В этой связи необходимы унификация требований к проектированию, строительству, реконструкции, оборудованию и техническому оснащению зданий, помещений и сооружений, необходимых для организации пограничного, таможенного и иных видов контроля, осуществляемого в пунктах пропуска, их интеграция с объектами транспортной инфраструктуры (морскими и речными портами, аэропортами, железнодорожными станциями) на стадии проектирования, а также упрощение процедуры согласования технического задания и самого проекта [2].

Необходима чёткая фиксация единым нормативным документом площади, отводимой под государственные нужды для организации рабочих мест сотрудников, и её кратное уменьшение (исключение из затрат помещений, не предназначенных для оперативной работы).

2. ТЕХНОЛОГИЯ

Технология работы пункта пропуска увязана с регламентами государственных контрольных органов и непосредственно выражается в планировке и архитектуре пункта пропуска, его техническом исполнении, а также влияет на стоимость строительства и эксплуатацию.

В настоящее время устаревшая технология работы пунктов пропуска накладывается на новую транспортную инфраструктуру, в результате чего эффект от инноваций, применяемых при проектировании и строительстве транспортных объектов, попросту теряется. В результате на границе возникают «пробки».

В частности, действующие в настоящее время нормы времени на паспортный контроль одного статистического пассажира составляют до трёх минут на человека, хотя фактическое время паспортного контроля составляет не более одной минуты. Спроецировав эти 3 минуты на инфра-

структурную составляющую получаем, что создаётся избыточная инфраструктура в виде излишних кабин паспортного контроля, из коммерческого оборота транспортных компаний изымаются значительные площади терминалов, искусственно раздувается штат контролёров.

Целесообразно принять меры к внедрению автоматизированного пограничного и таможенного контроля в пунктах пропуска и сократить расчётную норму времени на оформление одного пассажира до полутора минут [4].

3. АДМИНИСТРИРОВАНИЕ

Необходимо отметить, что наиболее полный эффект от модернизированной инфраструктуры пунктов пропуска может быть достигнут при условии:

- планирования пропуска транспортных средств, грузов и пассажиров;
- мониторинга работы пункта пропуска;
- оперативного реагирования при возникновении нештатных ситуаций.

С целью повышения качества работы пунктов пропуска полагаем целесообразным принять меры по разработке и внедрению системы автоматизированного планирования и регулирования пропуска транспортных средств и грузов в международных пунктах пропуска. Очевидно, что в контексте развития в России цифрового транспорта и цифровой логистики данная опция существенно усилит новую парадигму транспорта. И обратный вывод – «аналоговый пункт пропуска» будет и далее тормозить модернизацию и развитие инфраструктурного каркаса экономики.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ. ПРИОРИТЕТЫ ОБУЧЕНИЯ

Изучение процессов, происходящих в приграничном состоянии, в настоящее время становится одной из базовых тем в проводимых междисциплинарных исследованиях. Широким кругом вопросов приграничного состояния занимаются учёные различных специальностей: географы, экономисты, юристы, политологи, военные, экологи и пр. [5–7]. Однако таким исследованиям, как организация работы и эксплуатация международных пунктов пропуска в составе единой транспортной системы, в настоящее время, к глубокому сожалению, не уделяется должного внимания.

В транспортных, да и в других вузах отсутствуют программы обучения и повышения квалификации по данному направлению.

С целью повышения качества организации работы международных пунктов пропуска и развития их инфраструктуры необходимо иметь подготовленный для решения поставленных задач персонал. В этой связи представляется целесообразным разработать соответствующие профстандарты, актуальные квалификационные требования к специалистам и руководителям, начать подготовку и повышение квалификации сотрудников, отвечающих за эксплуатацию технически сложных трансграничных объектов транспортной инфраструктуры. Пилотной площадкой для подготовки специалистов в данной области может стать Российский университет транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. [Электронный ресурс]: https://www.mintrans.ru/documents/3/1009/. Доступ 30.05.2019.

2. Володин А. Б. Совершенствование организации проектирования пунктов пропуска через государственную границу // Бюллетень транспортной информации. – 2015. – № 11. – С. 3–7.

3. Российское пограничье: социально-политические и инфраструктурные проблемы / Под ред. В. А. Колосова, А. Б. Володина. – М., 2016. – 188 с.

4. Володин А. Б. Применение перспективных технологий в пунктах пропуска через государственную границу при организации международных перевозок грузов и пассажиров // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2018. Материалы Международной научно-практической конференции, 13–14 ноября 2018 г. СПб.: ИПТ РАН, 2018. – Том 1. – С. 70–73.

5. Азизова Ж. З. Перспективы развития инфраструктуры пунктов пропуска через государственную границу Российской Федерации на принципах государственно-частного партнерства // Государственно-частное партнерство в сфере транспорта: модели и опыт: Сб. тезисов докладов. – СПб.: Центр исследований государственно-частного партнерства; Институт «Высшая школа менеджмента» СПбГУ. – 2017. – С. 7–11.

6. Попов А. А. Экономические аспекты развития морских пунктов пропуска // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2014. – № 1. – С. 137–141. – DOI: 10.21821/2309–5180–2014–6–1–137–141.

7. Haughton M., Isotupa S. Traffic control in Canada-USA border checkpoint operations: Impacts on supply chain velocity, infrastructure spending, and national security. International Journal of Services and Operations Management 16(3). – January 2013. – pp. 337–351. – DOI: 10.1504/IJSOM.2013.056767.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-170-177

State Border Checkpoints. Problems and Solutions



Volodin, Aleksey B., *LLC NPK MorTransNiiProekt, Moscow, Russia*.*

Alexey B. VOLODIN

ABSTRACT

The article deals with development of the system of border checkpoints operating within the objects of transport infrastructure.

A classification of three blocks of tasks related to infrastructure, control technologies, and administration has been proposed.

The necessity of unification of requirements for design, construction, reconstruction, equipment and technical equipment of buildings, premises and facilities necessary for organization of border, customs and other types of control carried out at checkpoints, their integration with transport infrastructure facilities (sea and river ports, airports, railway stations) at the design stage are explained.

Optimization approaches are proposed, including use of promising information technology in organization and operation of border checkpoints. In addition, it is concluded that it is necessary to organize training and advanced training of specialists in this field on the basis of transport universities.

Keywords: *state border, transport, checkpoint, transport infrastructure, information technology.*

*Information about the author:
Volodin, Aleksey B. – Ph.D. (Eng), associate professor, director for development of LLC NPK MorTransNiiProekt, Moscow, Russia, ab.volodin@mail.ru.

Article received 26.02.2019, accepted 30.05.2019.

For the original Russian text please see p. 170.

Introduction. The length of the state border of the Russian Federation is more than 61 thousand km. Russia has borders with 16 states on land and sea. Many territorial entities of the Russian Federation are borderline, and more than 13 thousand kilometers of the Russian state border first appeared at the beginning of the post-Soviet period.

The Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 [1] provides for creation of a single system and information environment of multimodal technological interaction of various types of transport, cargo owners and other participants in the transportation process, as well as customs, border and other state control bodies in order to create a single transport space of Russia on the basis of a balanced priority development of an efficient transport infrastructure, as well as to increase transit capacity and efficient use of international transport corridors.

At present, checkpoints across the state border are the link to which particular attention should be paid.

The checkpoints across the state border are complexes of structures and information systems that allow to proceed with state control at the border (within sea and river ports, airports, railway and automobile stations) in order to ensure safety of society and the state. Cross-border flows of goods and cargo pass through checkpoints, as well as international passengers do.

As of May 2019, there were 313 functioning checkpoints in the Russian Federation out of 386 established. Of those there were 108 road, 56 railway, 82 air, 56 sea, 7 mixed, 3 river and land, and one pedestrian checkpoint*.

* https://www.mintrans.ru/file/429805.

Persons, vehicles, cargo, goods, and animals passing through the state border are subject to border and customs control, and in cases established by international treaties of the Russian Federation and federal laws, to other types of control comprising sanitary and quarantine, veterinary and phytosanitary control.

To carry out state control at the checkpoints, the necessary buildings and structures and 19 information technology systems were developed, including passport (border) control system; non-contact measurement of body temperature; inspection of baggage and hand luggage, inspection of vehicles and goods, radiation monitoring, etc. [2].

The systems ensuring operation of checkpoints are departmental systems of state control bodies (including the Federal Customs Service of Russia, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing and Federal Service for Veterinary and Phytosanitary Surveillance), while capital construction objects are under the jurisdiction of the Ministry of Transport of Russia (Rosgranstroy Federal State Establishment).

To solve the problems of checkpoint operations expressed through loss of time and increase in costs of crossing the border, it is necessary to consider three series of tasks with regard to:

1. Infrastructure.
2. Technology.
3. Administration.

The *objective* of the author is to consider various problems related to functioning of state border checkpoints and their possible solution.

The author *uses* general scientific and engineering methods, comparative analysis, scientific description.





1. Infrastructure

Currently, only 20 % of checkpoints comply with the Uniform standard requirements for equipment and material and technical logistics of checkpoints across the external border of the Customs Union member states, and 2/3 of checkpoints need substantial renovation and modernization. Promising technologies, such as automated border and customs control, as well as electronic follow-up of cargo and passenger international transportation are practically unavailable for use [3].

There are no uniform standards for design of special buildings and structures required by state control bodies. At present, the requirements made during design of checkpoints by state control bodies oblige developers to create and maintain redundant infrastructure.

In addition, the practices of designing checkpoints on the basis of departmental standard requirements introduced by state control bodies in 2008 show that design period of a checkpoint has increased due to the need to obtain numerous approvals, and construction costs also grew due to issuance of inflated «formal» technical requirements by state control bodies to customers that do not take into account the existing transport infrastructure and the volume of cargo flows.

On the other hand, the analysis showed that the current regulatory legal acts do not require that design solutions should integrate transport infrastructure facilities with the infrastructure of a checkpoint. In this regard, subsequent creation of necessary checkpoint facilities on the territory of already existing transport facilities is very difficult and requires expensive work to rearrange communications, to rebuild individual structures of transport facilities, etc.

In this regard, it is necessary to unify the requirements for design, construction, reconstruction, technical equipment of buildings, premises and facilities necessary for organization of border, customs and other types of control carried out at checkpoints, to integrate them with transport infrastructure facilities (sea and river ports, airports, railway stations) at the design stage, as well as to simplify the procedure for coordination of technical specifications and the project itself [2].

There is a need to clearly determine area allocated for state needs by a single regulatory document for organization of workplaces of employees and to reduce it (exclusion of costs linked to premises not intended for checkpoint operations).

2. Technology

The technology of operation of a checkpoint is linked to the regulations of state control bodies and is directly expressed in the layout and architecture of the checkpoint, its technical design, and also affects the cost of construction and operation.

At present, the outdated technology of operation of checkpoints is superimposed on the new transport infrastructure, as a result of which the effect of innovations used in design and

construction of transport facilities is simply lost. As a result, «traffic jams» appear at the border.

In particular, the currently existing time limit for passport control of 1 statistical passenger is up to 3 minutes per person, although the real time needed for passport control does not exceed 1 minute. Having projected those 3 minutes to the infrastructure component, we shall see that the infrastructure is redundant due to excessive number of passport control booths, while considerable areas of terminals are withdrawn from the commercial turnover of transport companies, and staff of controllers is artificially inflated.

It is advisable to take measures to introduce automated border and customs control at checkpoints and reduce the estimated time required for processing of 1 passenger to 1,5 minutes [4].

3. Administration

It should be noted that the most complete effect of the upgraded infrastructure of checkpoints can be achieved, provided:

- planning of passage of vehicles, cargo and passengers;
- monitoring of checkpoint operation;
- prompt response in case of emergency situations.

In order to improve the quality of work of checkpoints, we consider it expedient to take measures for development and implementation of a system of automated planning and control of vehicles and cargo passage at international checkpoints. Obviously, in the context of development of digital transport and digital logistics in Russia, this option will significantly enhance the new transport paradigm. And the inverse conclusion is that the «analog checkpoint» will continue to slow down modernization and development of the infrastructure framework of the economy.

Conclusions and suggestions. Study priorities.

The study of processes that take place in the border area is now becoming one of the basic topics in the ongoing interdisciplinary research. Researchers of various specialties are engaged in a wide range of borderland issues: geographers, economists, lawyers, political scientists, military, environmentalists, etc. [see, e.g., 5–7]. However, such studies' topics as organization of work and operation of international checkpoints within a single transport system, to our deep regret, do not draw due attention.

There are no education either advanced training courses devoted to those issues in transport universities or in other higher schools.

In order to improve the quality of operations of international checkpoints and develop their infrastructure, it is necessary to have personnel trained to solve the assigned tasks. In this regard, it seems appropriate to develop appropriate professional standards, updated qualification requirements for specialists and managers, to begin training and to develop skills of the staff responsible for operation of technically complex cross-border transport infrastructure facilities. Russian University of Transport can become a pilot site for training specialists in this field.

REFERENCES

1. Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030 [*Transportnaya strategiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda*]. [Electronic resource]: https://www.mintrans.ru/documents/3/1009/. Last accessed 30.05.2019.

2. Volodin, A. B. Improving organization of designing checkpoints across the state border [*Sovershenstvovanie organizatsii proektirovaniya punktov propuska cherez gosudarstvennuyu granitsu*]. *Bulleten transportnoi informatsii*, 2015, Iss. 11, pp. 3–7.

3. The Russian frontier: sociopolitical and infrastructural problems [*Rossiiskoe pogranichie: sotsialno-infrastrukturnie problemy*]. Ed. by V. A. Kolosov and A. B. Volodin. Moscow, 2016, 188 p.

4. Volodin, A. B. Application of promising technologies at checkpoints across the state border when organizing international transportation of goods and passengers [*Primenenie perspektivnykh tekhnologii v punktakh propuska cherez gosudarstvennuyu granitsu pri organizatsii mezhdunarodnykh perevozok gruzov i passazhirov*]. *Transport of Russia: problems and prospects – 2018. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*, November 13–14, 2018. St. Petersburg, IPT RAS. St. Petersburg, 2018, vol. 1, pp. 70–73.

5. Azizova, Zh. Z. Prospects for development of infrastructure of checkpoints across the state border of the Russian Federation on the principles of public-private partnership [*Perspektivy razvitiya infrastruktury punktov propuska cherez gosudarstvennuyu granitsu Rossiiskoi Federastii na printsipakh gosudarstvenno-chastnogo partnerstva*]. *Public-Private Partnership in the field of transport: models and experience: Collection of abstracts*. St. Petersburg: Center for Public-Private Partnership Research; Institute of Higher School of Management, St. Petersburg State University, 2017, pp. 7–11.

6. Popov, A. A. Economic aspects of development of sea checkpoints [*Ekonomicheskie aspekty razvitiya morskikh puktov propuska*]. *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota im. admirala S. O. Makarova*, 2014, Iss. 1, pp. 137–141. DOI: 10.21821/2309–5180–2014–6–1–137–141.

7. Haughton, M., Isotupa, S. Traffic control in Canada-USA border checkpoint operations: Impacts on supply chain velocity, infrastructure spending, and national security. *International Journal of Services and Operations Management,* 16(3): pp. 337–351. January 2013. DOI: 10.1504/IJSOM.2013.056767.

КОНТЕЙНЕРНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ В СООБЩЕНИИ ЯПОНИЯ–РОССИЯ–ЕВРОПА

24 мая 2019 года в Токио Министерство транспорта РФ, ОАО «РЖД», Министерство земель, инфраструктуры, транспорта и туризма Японии и Ассоциация транссибирских интермодальных операторов Японии заключили соглашение об организации контейнерных перевозок с использованием железнодорожного транспорта в сообщении Япония–Россия–Европа.

Документ подписали заместитель министра транспорта Российской Федерации Владимир Токарев, первый заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Александр Мишарин, первый заместитель министра земель, инфраструктуры, транспорта и туризма Японии (MLIT) Ясухиро Синохара и президент Ассоциации транссибирских интермодальных операторов Японии (TSIOAJ) Масуда Кэндзиро.

Целью меморандума является развитие безопасного, бесшовного, быстрого и удобного контейнерного сервиса и наращивания объёмов перевозок контейнерных грузов с использованием Транссибирской магистрали в сообщении Япония–Россия–Европа.

Стороны договорились совместно развивать необходимую транспортно-логистическую инфраструктуру, включая увеличение пропускной и провозной способностей Транссиба, портовых и сухопутных терминальных мощностей, обеспечение достаточного количества подвижного состава и контейнеров.

ОАО «РЖД» и TSIOAJ также будут прикладывать усилия для налаживания регулярного прямого сообщения между портами Японии и Дальнего Востока России.

Стороны будут стремиться к совершенствованию процессов перевозок, включая оптимизацию процедур оформления контейнерных грузов на стыках море–порт–железная дорога, в целях сокращения сроков доставки и обеспечения бесперебойного сервиса контейнерных перевозок в сообщении Япония–Россия–Европа.

Для снижения себестоимости перевозок и установления конкурентоспособной стоимости сервиса контейнерных перевозок в сообщении Япония–Россия–Европа предполагается оптимальное формирование контейнерных поездов (с полной загрузкой) и привлечение обратного грузопотока.

В целях сокращения времени доставки ОАО «РЖД» и TSIOAJ будут работать над системой информационного обмена, включая электронный обмен данными и предварительное электронное информирование о грузах при пересечении границ для ускоренного таможенного оформления.

Будет прорабатываться возможность создания интегрированной системы отслеживания контейнерных грузов на всём пути следования транзита, в том числе на российских железных дорогах, в портах России и портах Японии, а также возможности использования электронных средств защиты грузов с функцией мониторинга местонахождения.

По информации пресс-службы ОАО «РЖД» http://press.rzd.ru/news/public/ru? STRUCTURE_ID=654&layer_id=4069&refererLayerId=3307&id=93838 ●

CONTAINER TRANSPORTATION BETWEEN JAPAN, RUSSIA AND EUROPE

The Ministry of Transport of the Russian Federation, Russian Railways, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan and the Association of Trans-Siberian Intermodal Operators of Japan have concluded an agreement on the organisation of rail container traffic between Japan, Russia and Europe.

The agreement was signed in Tokyo on May 24, 2019 by the Deputy Minister of Transport of the Russian Federation Vladimir Tokarev, First Deputy Managing Director of Russian Railways Alexander Misharin, the First Deputy Minister of Land, Infrastructure, Transport and Tourism of Japan (MLIT) Yasuhiro Sinohara and the President of the Trans-Siberian Intermodal Operators Association of Japan (TSIOAJ) Massoud Kenjiro.

The purpose of the memorandum is to develop a safe, seamless, fast and convenient container service and increase the volume of container cargo shipments using the Trans-Siberian Railway between Japan, Russia and Europe.

The parties agreed to develop jointly the necessary transport and logistics infrastructure, including an increase in the throughput and carrying capacity of the Trans-Siberian Railway, port and land terminal capacities, and the provision of a sufficient number of rolling stock and containers.

Russian Railways and TSIOAJ will also make efforts to establish regular direct communications between the ports of Japan and the Russian Far East.

In addition, the parties will strive to improve transportation processes, including optimising the procedures for processing containerised cargo at the sea–port–railway interface, in order to reduce delivery times and ensure uninterrupted service of container traffic on the Japan–Russia–Europe link.

To reduce shipment costs and establish the competitive cost of container transportation services between Japan–Russia–Europe, it is assumed that container trains will operate at optimal levels, including with full loads, and that freight traffic in the reverse direction from Europe to Japan will be attracted.

In order to reduce delivery times, Russian Railways and TSIOAJ will work on a system of information exchange, including electronic data exchange and preliminary electronic information on the f reight at border crossings in order to achieve accelerated customs clearance.

The sides will also explore the possibility of creating an integrated system for tracking containerised cargo throughout the whole transit route, including on Russia's railways and ports and Japan's ports, as well as the possibility of using electronic means to protect freight with location monitoring functions.

Based on information of the JSC Russian Railways http://eng.rzd.ru/newse/public/en?STRUCTURE_ID=15&layer_id=4839&refererLayerId=5074&id=107495 ●

БЕЗОПАСНОСТЬ • SAFETY AND SECURITY

ТРАНСПОРТ И МЕДИЦИНА 180

Ими решается множество взаимосвязанных задач, но многие из них нуждаются в уточнении правовых норм.



БЕЗОПАСНОСТЬ НА ДОРОГАХ 192

Как сохранить больше человеческих жизней? Первую помощь при ДТП должны уметь оказывать все.

АВТОДОРОЖНАЯ ЭКСПЕРТИЗА 206

ДТП настоящие и мнимые. Как определить реальные обстоятельства?

ЭКОЛОГИЯ И ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА 220

Не рано ли была поставлена точка в дискуссии? Новые технологии и факторы снова ставят вопрос о сравнении электромобиля и автомобиля с ДВС.

TRANSPORT AND HEALTH 186

They are solving many interrelated issues, nevertheless some topics need further development with regard to legal regulation.

ROAD SAFETY 199

How to save more lives? Everybody should know how to provide first aid in case of road traffic accidents.

TRACE EVIDENCE EXAMINATION 213

Real and false road traffic accidents. How can an expert reveal true circumstances?



ENVIRONMENT AND VEHICLES 226

Was it too early to put a final point in the discussion? New technology and factors reopen a question of comparison of electric and ICE cars.

УДК 656:34/ 656. 613.6.01
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-180-191

Правовые и организационные вопросы контроля за состоянием здоровья работников и оказания медицинской помощи пассажирам на транспорте в России





Михаил КЛЁНОВ **Иван ХОЛИКОВ**

Клёнов Михаил Владимирович *– Российский университет транспорта, Москва, Россия.*
Холиков Иван Владимирович *– Институт законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, Москва, Россия*.*

В статье рассматриваются некоторые проблемные вопросы транспортной медицины в Российской Федерации.

Особое внимание уделено правовому регулированию медицинских осмотров различных категорий работников транспорта, а также их медицинского освидетельствования. Осуществляется обзор национальных нормативных правовых актов, регламентирующих вопросы медицинского обеспечения работников транспортных профессий в Российской Федерации.

Рассмотрены также вопросы оказания первой медицинской помощи пользователям услуг – пассажирам, затронуты проблемы, связанные с медицинскими аспектами предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте.

На основе исследования текущего положения дел обосновывается потребность в совершенствовании законодательства в сфере медицинского обеспечения на транспорте, ликвидации фрагментарности и приведении его в соответствие с нормами международного права.

Ключевые слова: транспортная медицина, медицинские осмотры, международные конвенции, медицинское освидетельствование, гармонизация национального законодательства.

---

*Информация об авторах:
Клёнов Михаил Владимирович – кандидат медицинских наук, проректор Российского университета транспорта, Москва, Россия, klenovmv@rut-miit.ru.
Холиков Иван Владимирович – доктор юридических наук, профессор кафедры государственно-правовых дисциплин Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве РФ, Москва, Россия, iv_kholik@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 02.04.2019, принята к публикации 28.06.2019.

For the English text of the article please see p. 186.

Транспортная медицина – сфера, включающая специальные транспортно-медицинские практические и научно-практические направления. Некоторые из них являются общими для разных видов транспорта, другие характерны для того или иного отдельного вида.

В совокупности они являются одним из важнейших факторов обеспечения безопасности движения, бесперебойного функционирования транспортной системы, повышения комфортности пользования транспортными услугами для пассажиров, то есть, в конечном итоге, они служат решению ключевых задач транспорта – повышению доступности транспортных услуг для бизнеса и населения, росту связанности территории.

Транспортная медицина исторически эволюционировала как важнейшая компонента развития транспорта. Достигнутые результаты обеспечивали и обеспечивают эффективное решение указанных задач. При этом успешность реализации различных направлений, связанных с транспортной медициной, обусловливается комплексом организационных мероприятий, основывающихся на законодательном и нормативно-правовом регулировании в данной сфере. Развитие транспорта не стоит на месте, и, соответственно, требуется постоянное совершенствование и данной области транспортной деятельности.

Целью данного исследования является анализ действующих норм правового регулирования медицинских осмотров различных категорий работников транспорта, их медицинского освидетельствования, медицинского обеспечения работников транспортных профессий в Российской Федерации, оказания первой медицинской помощи пассажирам, медико-санитарного обслуживания работников транспорта, а также проработка предложений по их совершенствованию.

Для этого использованы общенаучные и специально-юридические *методы* исследования, в частности, сравнительно-правовой, формально-юридический, а также метод толкования правовых норм. Также широко использовался междисциплинарный подход.

1. ПРОВЕДЕНИЕ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ОСМОТРОВ И МЕДИЦИНСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТА

Одно из главных рассматриваемых направлений общетранспортного характера – медицинское обеспечение безопасности движения, включающее, прежде всего, проведение обязательных медицинских осмотров работников, связанных с движением транспортных средств.

Статьёй 46 Федерального закона от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» определены следующие виды медицинских осмотров: *профилактический, предварительный, периодический, предсменный, послесменный, предрейсовый, послерейсовый* [1].

Предсменные, предрейсовые медицинские осмотры проводятся перед началом рабочего дня (смены, рейса) в целях выявления признаков воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов, состояний и заболеваний, препятствующих выполнению трудовых обязанностей, в том числе алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения и остаточных явлений такого опьянения.

Послесменные, послерейсовые медицинские осмотры проводятся по окончании рабочего дня (смены, рейса) в целях выявления признаков воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов рабочей среды и трудового процесса на состояние здоровья работников, острого профессионального заболевания или отравления, признаков алкогольного, наркотического или иного токсического опьянения [1].

Кроме того, существует ряд медицинских осмотров, касающихся отдельных категорий и профессиональных групп граждан, к ним относятся следующие виды медицинских осмотров: *предполётный и послеполётный; несовершеннолетних,* в т.ч. при поступлении в образовательные учреждения и в период обучения в них, при занятиях физической культурой и спортом; *для допуска к занятиям физической культурой и к участию в массовых спортивных соревнованиях и ряд других.*

Нормативные правовые акты Правительства Российской Федерации [2] и Минздрава России [3] содержат нормы, регули-

рующие оказание работ (услуг) по «врачебно-лётной экспертизе» и «предполётным (предсменным), послеполётным (послесменным) медицинским осмотрам».

В настоящее время врачебно-лётная экспертиза в *гражданской авиации* Российской Федерации представляет собой совокупность медицинского осмотра, медицинской экспертизы и медицинского освидетельствования, так как её результат, оформляемый в виде медицинского заключения, является частью авиационного свидетельства, которое даёт возможность «осуществлять трудовую деятельность» и подтверждает «состояние здоровья человека, которое влечёт за собой юридически значимые последствия».

Президентом Российской Федерации было дано поручение внести в законодательство изменения, направленные на урегулирование вопросов, связанных с организацией врачебно-лётной экспертизы в гражданской авиации [4]. К настоящему времени предпринят ряд шагов в этом направлении, в частности, разработан проект федерального закона «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части повышения уровня безопасности полётов воздушных судов гражданской авиации». Законопроект предусматривает включение в Федеральный закон от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» положений, регламентирующих проведение нового вида медицинской экспертизы – врачебно-лётной экспертизы, а также установление порядков проведения экспертизы профессиональной пригодности и экспертизы связи заболевания с профессией.

Также подготовлены проекты (по состоянию на момент подготовки статьи) постановления Правительства Российской Федерации «О внесении изменений в Положение о Федеральном агентстве воздушного транспорта», приказа Минтранса России «Об утверждении Порядка образования и работы Центральной врачебно-лётной экспертной комиссии, врачебно-лётных экспертных комиссий, медицинских экспертов, а также требования к членам этих комиссий и медицинским экспертам», а также приказа Минтранса России «О внесении изменений в некоторые Федеральные авиационные правила» [5, с. 11].

На *железнодорожном транспорте* при осуществлении работы по медицинскому обеспечению безопасности движения поездов существует проблема проведения предрейсовых медицинских осмотров работников при организации работы по методу турной (прикреплённой) езды* и на отдалённых малодеятельных станциях, где отсутствуют медицинские организации и нет возможности организовать проведение осмотров силами медицинских работников.

В целях снижения травматизма и смертности на транспорте ОАО «РЖД» организован и проведён пилотный проект по предрейсовому и послерейсовому дистанционному контролю состояния здоровья работников специального подвижного состава с использованием телемедицинских технологий на ряде предприятий дирекции инфраструктуры в течение 2016 года, в результате которого были получены положительные результаты. В 2017 году было уже 56 таких пунктов.

В то же время для организации проведения предрейсовых осмотров работников железнодорожного транспорта с использованием телемедицинских технологий необходимо внесение изменений в статью 46 Федерального закона от 21 ноября 2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» в части использования таких технологий.

На *метрополитенах России* сегодня вынужденно применяется устаревший нормативный документ, регламентирующий проведение обязательных медицинских осмотров работников метрополитена – приказ МПС СССР от 7 июля 1987 года № 23Ц, отменённый в 1999 году для работников железнодорожного транспорта, но подлежащий применению на метрополитене в части, не противоречащей законодательству Российской Федерации (письмо Минтранса России от 05.02.2015 г. № 0301-07/330). Учитывая, что метрополитены являются предприятиями повышенной опасности, отсутствие надлежащей нормативной правовой базы по порядку проведения обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицин-

* Обслуживание локомотива несколькими (двумя, тремя, четырьмя) постоянно закреплёнными за ними локомотивными бригадами, следующими в специально выделенном классном (турном) вагоне.

ских осмотров может повлечь за собой увеличение риска допуска работников, имеющих медицинские противопоказания, к работе, связанной с движением поездов, и отрицательно сказаться на обеспечении безаварийной перевозки пассажиров.

Это предопределяет необходимость скорейшего формирования указанной правовой базы по данному вопросу.

Медико-санитарное обслуживание моряков, их медицинское освидетельствование и обеспечение в настоящее время осуществляются в условиях некоторого правового вакуума. Он возник после признания Минздравом России недействующим приказ Минздрава СССР от 6 сентября 1989 года № 511 «Об улучшении организации медико-санитарного обеспечения морского, речного флота и рыбного хозяйства», которым были определены медицинские учреждения, уполномоченные оказывать медицинскую помощь морякам, проводить их освидетельствование, а также порядок проведения такого освидетельствования [6].

В июне 2013 года вступила в силу ратифицированная Российской Федерацией Конвенция Международной организации труда 2006 года о труде в морском судоходстве, которой установлены минимальные требования в отношении труда моряков на борту судна, в том числе требования к состоянию здоровья моряков и оказанию им медицинской помощи на борту судна и на берегу [7].

Невыполнение Российской Федерацией требований международных конвенций о формировании реестра признанных медицинских организаций или врачей, имеющих право проводить медицинское освидетельствование моряков, и об утверждении формы медицинского свидетельства может привести к тому, что в скором времени медицинские документы, выдаваемые российским морякам отечественными лечебными учреждениями и врачами, как не соответствующие Манильским поправкам к Конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты [8], не будут признаваться в качестве легитимных другими государствами. Российские моряки будут существенно ограничены в возможностях трудоустройства на международном морском рынке труда в связи с отсутствием соответствующих конвенционным требованиям документов, дающих право на работу на морских судах, а российские судоходные компании в условиях дефицита квалифицированных кадров будут поставлены в неравные по сравнению с иностранными конкурентами условия вследствие возможных задержаний российских судов органами портового контроля других государств по причине невыполнения международных требований в этой части.

Еще одна проблема была связана с тем, что в соответствии с национальными нормативными документами (приказ Минздравсоцразвития России от 05.05.2012 № 499н в ред. от 29.11.2012 г. «Об утверждении порядка установления состава аптечки для оснащения морских судов, судов внутреннего плавания и судов смешанного (река–море) плавания, не имеющих в штатном расписании должности медицинского работника») в состав судовой аптечки были включены и должны были находиться на борту судна для оказания эффективной медицинской помощи в числе иных и подлежащие контролю лекарственные средства. Данный приказ был отменен Распоряжением Правительства Российской Федерации от 30 сентября 2014 г. № 1935-р. Одна из основных причин в том, что в Российской Федерации существующий регламент работы с этой группой препаратов не позволяет иметь эти лекарства на судах – как с врачом, так и тем более без медицинского работника, в отсутствие соответствующей лицензии [9, с. 96]. Требуется более взвешенный подход к данным вопросам, который, возможно может потребовать и внесения изменений в Федеральный закон от 8 января 1998 г. № 3-ФЗ «О наркотических средствах и психотропных веществах» в части совершенствования оборота наркотических средств и психотропных веществ в медицинских целях, на морских судах, судах смешанного (река–море) плавания и судах внутреннего плавания.

2. ОКАЗАНИЕ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ПАССАЖИРАМ

На *железнодорожном транспорте* по состоянию на 2017 год на территориях железнодорожных вокзалов организована работа 186 медицинских пунктов*. Медицинские пункты являются структурными подразделениями негосударственных учреждений здравоохранения ОАО «РЖД». Большинство медицинских пунктов работает в круглосу-

* Гудок // Выпуск № 65 (26204) 19.04.2017.

точном режиме. К основным задачам медицинских пунктов относятся оказание первичной доврачебной и врачебной медико-санитарной помощи в амбулаторных условиях, в экстренной и неотложной формах гражданам, находящимся в медицинском пункте, здании вокзала и в пределах станционных путей (платформ), в пассажирских (грузовых) поездах дальнего следования и пригородного сообщения во время стоянки поезда. Медицинские пункты вокзалов оснащены всем необходимым медицинским оборудованием и лекарственными средствами для оказания экстренной и неотложной медицинской помощи.

Однако в настоящее время отсутствуют нормативные правовые документы федеральных органов исполнительной власти по регламентации действия медицинских пунктов вокзалов и иных транспортных узлов, требования к их размещению, оснащению, штатной численности и пр.

При проведении проверок контрольно-надзорными органами медицинских пунктов вокзалов также указывается на несоответствие в части оснащения медицинских пунктов вокзалов изделиями медицинского назначения, соответствия помещений требованиям санитарных норм и правил, предъявляемых к медицинским организациям, оказывающим первичную медико-санитарную помощь, а также квалификационным требованиям к медицинскому персоналу.

Укладки для оказания первой помощи, которыми оснащены все поезда дальнего следования, не позволяют оказывать медицинскую помощь пассажирам в пути следования ввиду отсутствия необходимого минимума лекарственных препаратов и средств медицинского назначения даже в случае нахождения на борту транспортного средства медицинского работника. Наличие лекарственных препаратов в укладке для поездов дальнего следования прямо не предусмотрено федеральным законодательством, например, Федеральным законом от 21 ноября 2011 года № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

Вызывает вопросы сложившееся положение с транспортной медициной на *автомобильном и городском пассажирском транспорте*. Здесь практически полностью отсутствуют учебное направление, соответствующие медицинские структуры, научно-практические исследования и методические материалы по конкретным тематикам.

Это привело к ситуации, когда не всегда имеется возможность оказания медицинской помощи квалифицированным медицинским персоналом лицам, находящимся на объектах транспорта и транспортной инфраструктуры (ввиду их отдалённости от медицинских организаций), например, при выполнении междугородних автобусных рейсов, особенно в местностях с низкой плотностью населения. В случае аварии до момента появления представителей бригад скорой помощи состояние пострадавших может значительно ухудшиться.

Хотя действующим законодательством предусмотрено оказание первой помощи пострадавшим лицами, имеющими специальную подготовку, уровень подготовки лиц, ответственных за перевозку пассажиров (водители междугородних автобусов, экипажи судов, самолётов), исходя из анализа содержания программ их обучения в некоторых случаях ниже, чем требуется для оказания необходимого объёма первой помощи.

3. ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОЙ МЕДИКО-СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ

Не приводя подробный анализ, отметим, что отраслевое здравоохранение, помимо рассмотренных выше проблем, должно решать специфические вопросы, связанные с особенностями функционирования отраслевых предприятий и медико-социальной защитой здоровья работающих.

Одной из основных задач в медицинском обеспечении работников транспортной отрасли является участие в решении общей проблемы сохранения трудовых ресурсов, нарастающая нехватка которых в глобальном плане является одним из основных стратегических рисков и экономической угрозой национальной безопасности России в долгосрочной перспективе [10, с. 46]. Особенно это касается профессий, связанных с безопасностью движения различных видов транспорта (в первую очередь, водительских профессий, лётчиков, моряков, операторов транспортных средств), то есть тех категорий работников, к здоровью

которых предъявляются не просто специфические, а повышенные требования. Следует учитывать, что состояние здоровья работников транспортных профессий непосредственно связано с таким социально значимым критерием, как профессиональная пригодность, способствующая успешному выполнению производственных задач с определёнными требованиями к нагрузкам.

Очевидно, что для снижения заболеваемости работников ведущих профессий транспортной отрасли, сохранения трудового потенциала необходима комплексная система медицинской и социально-трудовой реабилитации работников, основанная на результатах психофизиологических, клинических и медико-статистических исследований.

Ещё одна проблема транспортного здравоохранения, требующая повышенного внимания, – вопрос предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на транспорте [11, с. 4073]. Речь идёт об обоснованности и практической реализации комплекса медицинских и медико-социальных мероприятий, направленных на снижение риска возникновения чрезвычайных ситуаций, на минимизацию медико-санитарных последствий, на сохранение здоровья людей и уменьшение ущерба окружающей природной среде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные правовые вопросы организации оказания медицинской помощи на транспорте свидетельствуют о разобщённости, пробельности и фрагментарности отечественного законодательства в некоторых вопросах, подлежащих регулированию в данной сфере, на что вполне основательно указывают специалисты в сфере транспортного права [12, с. 99].

Так, имеет место отсутствие надлежащей правовой регламентации отдельных сфер транспортной медицины, а также их несоответствие требованиям международных конвенций, что может в перспективе иметь неблагоприятные последствия для транспортной системы Российской Федерации. В этой связи представляется необходимым организовать системную работу по ликвидации указанных проблем с целью гармонизации отечественного законодательства, приведения его в соответствие с нормами международного права.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон от 21.11.2011 г. № 323-ФЗ «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации».

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 апреля 2012 года № 291 «О лицензировании медицинской деятельности (за исключением указанной деятельности, осуществляемой медицинскими организациями и другими организациями, входящими в частную систему здравоохранения, на территории инновационного центра «Сколково»)».

3. Приказ Минздрава России от 11 марта 2013 г. № 121н «Об утверждении Требований к организации и выполнению работ (услуг) при оказании первичной медико-санитарной, специализированной (в том числе высокотехнологичной), скорой (в том числе скорой специализированной), паллиативной медицинской помощи, оказании медицинской помощи при санаторно-курортном лечении, при проведении медицинских экспертиз, медицинских осмотров, медицинских освидетельствований и санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий в рамках оказания медицинской помощи, при трансплантации (пересадке) органов и (или) тканей, обращении донорской крови и (или) её компонентов в медицинских целях».

4. Перечень поручений Президента РФ по вопросу повышения уровня безопасности полётов от 29 апреля 2016 года № Пр-800.

5. Дамаскин О. В., Холиков И. В. Проблемные вопросы правовой регламентации врачебно-лётной экспертизы в России // Представительная власть – XXI век: законодательство, комментарии, проблемы. –2018. –№ 3 (162). – С. 10–13.

6. Приказ Минздрава СССР от 6 сентября 1989 года № 511 «Об улучшении организации медико-санитарного обеспечения морского, речного флота и рыбного хозяйства».

7.Федеральный закон от 5 июня 2012 года № 56 ФЗ и Постановление Правительства Российской Федерации от 06 ноября 2013 года № 996 «О мерах по обеспечению выполнения обязательств Российской Федерации, вытекающих из положений Конвенции 2006 года».

8. Манильские поправки 2010 года к Приложению к Международной конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты (Конвенция ПДНВ) 1978 года и Манильские поправки 2010 года к Кодексу по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ).

9. 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. 96.

10. Buktuyarov I. V., Rubtsova N. B., Kholikov I. V. Occupational Health in Russia // Трудова медицина и работоспособност. – София, Болгария. – 2018. – № 3. – С. 46.

11. Bagreeva E. G., Shamsunov S. Kh., Zemlin A. I. Environmental Safety Conditions in the Transport Sector by Improving the Culture of Lawmaking. *Ekoloji*. – 2019. – Vol. 28. – Iss. 107. – pp. 4071–4076.

12. Землин А. И., Петров Ю. И., Харламова Ю. А. Актуальные проблемы развития транспортного законодательства в России: Монография. – М.: Русайнс, 2019. – 140 с.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-180-191

Legal and Organization Issues of Transport Occupational Health and Medical Assistance to Passengers in Russian Federation





Ivan V. KHOLIKOV **Mikhail V. KLYONOV**

Kholikov, Ivan V., *Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia*.*
Klyonov, Mikhail V., *Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

ABSTRACT

The article discusses some issues of transport occupational health in the Russian Federation with attention particularly paid to the legal regulations of health checks of various categories of transport employees, as well as of their medical examination and health assessment. The review of national regulatory legal acts governing the health services provision to the transport employees in the Russian Federation is carried out as well.

The issues of providing first medical assistance to passengers, service users are also considered; problems related to the medical aspects of preventing and eliminating the consequences of transport emergencies are addressed.

The study of the current situation results in conclusion on the need to improve legislation in the field of health services provision in transport industry, to eliminate its fragmentation and bring it in line with international law.

Keywords: *transport occupational health, transport health, medical check, international conventions, medical examination, health assessment, harmonization of national legislation.*

---

*Information about the authors:
Kholikov, Ivan V. – D.Sc. (Law), professor of the department of state and legal disciplines of the Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia, iv_kholik@mail.ru
Klyonov, Mikhail V. – Ph.D. (Medicine), vice-rector of Russian University of Transport, Moscow, Russia, klenovmv@rut-miit.ru.

Article received 02.04.2019, accepted 28.06.2019.

For the original Russian text please see p. 180.

Introduction. Transport health* is the sphere of specific areas of transport focused health that comprises mainly practical as well as scientific practical aspects. Some of them are common for different modes of transport, others are characteristic of a particular mode.

In aggregate, they are among the most important factors for ensuring traffic safety, uninterrupted functioning of the transport system, increasing comfort of transport services for passengers, that is, ultimately, they serve to solve the key tasks of transport which are growing availability of transport services for business and the public, increasing connectivity of the territory.

Transport health has historically evolved as the most important component of transport developments. The achieved results have ensured and are ensuring now the effective solution of the above-mentioned tasks. At the same time, the success of their implementation in various areas related to transport health depends on a set of organizational measures based on legislation and regulations in this field. The development of transport does not stand still and, accordingly, continuous improvement is required in this field of transport activities.

The *objective* of this study is to analyze the legal regulations in force in the sphere of medical check of various categories of transport employees, of their medical examination, of health services provision for transport employees in the Russian Federation, of first aid to passengers, of medical care services to transport employees, as well as development of proposals for their improvement.

For this purpose, general scientific and specific legal research *methods*, namely, comparative legal, formal legal, and also the method of interpretation of legal rules, as well as an interdisciplinary approach were widely used.

1. Conducting mandatory medical check and providing health services

Medical enabling of traffic safety, which includes, first of all, conduct of mandatory medical check of employees related to movement of vehicles is among main activities under consideration and this activity is common for all modes of transport.

Article 46 of the Federal Law of November 21, 2011, No. 323-FZ «On the basis of health protection of citizens in the Russian Federation» defines the following types of medical check: preventive, preliminary, periodical, pre-shift, post-shift, pre-trip, post-trip check-up [1].

Pre-shift, pre-trip medical check-ups are carried out before the start of the working day (shift, voyage) in order to identify signs of the impact of harmful and (or) hazardous production factors, conditions and diseases that impede performance of labour duties, comprising alcohol, drugs or other intoxication, and residual phenomena of such intoxication.

Post-shift, post-trip medical check-ups are carried out at the end of the working day (shift, trip) in order to identify signs of the impact of harmful and (or) hazardous production factors of the labour environment and labour process on the health of workers, acute occupational disease or poisoning, signs of alcohol, drugs or other intoxication [1].

Besides, there are a number of medical screening, examinations and health assessments referring to certain categories and professional groups of citizens. The following types of medical check-ups are stipulated: pre-flight and post-flight; of minors, incl. when enrolling in educational institutions and during the period of study in them, while practicing physical culture and sports; for admission to physical education and to participate in mass sports competitions and a number of others.

* There is a special term in Russian language that, being widely recognized, is used by the authors, and that literally reads as «transport medicine», either can be interpreted as «transport health» or «medicine in transportation sector» but its sense is quite distinct from how this term is commonly used in English. It does not concern transportation of patients, but describes the set of issues related to occupational health (including all issues of medical checks, examinations or health assessment) of transport sector employees, system of providing medical services to them as well as medical services provided to the passengers (please see the title of the article). The sense of the term is mostly close to e.g. «aviation» or «flight medicine» but regarding all modes of transport. Meanwhile the term can't be completely equal either to «transport safety and health» as issues of workplace safety and occupational safety, while medical experts are widely involved in the expertise, do relate in Russia to the transport safety field which is an autonomously managed activity in major transportation companies. See the above explanation, constraints and clauses, the terms used in the article are translated either as «transport health» in general context or as specific terms like occupational health in narrow context. – *Ed. note.*

Regulatory legal acts of the Government of the Russian Federation [2] and of the Ministry of Health of the Russian Federation [3] contain rules on provision of work or services regarding «medical expertise of fitness to fly» and «pre-flight (pre-shift), post-flight (post-shift) medical check-ups».

Currently, expertise of fitness to fly in *civil aviation* of the Russian Federation is a combination of medical check-up, medical examination and medical assessment, as its result, issued in the form of a medical assessment report and medical certificate, is part of a pilot's certificate (license), which gives the opportunity to carry out labour activity and confirms «the medical situation» which entails legally significant consequences.

The President of the Russian Federation has instructed to make amendments to the national legislation aimed at resolving issues related to organization of civil aviation medical examination on flight fitness [4]. To date, a number of steps have been taken in this direction, in particular, a draft federal law «On Amendments to Some Legislative Acts of the Russian Federation Regarding Improvement of the Flight Safety of Civil Aviation Aircraft» has been developed. The draft law provides for inclusion in the Federal Law of 21 November 2011, No. 323-FZ «On the basis of health protection of citizens in the Russian Federation» of provisions governing conduct of a new type of medical expertise, which is medical examination of flight fitness, as well as establishment of procedures for the examination of professional fitness and for assessment of the relationship of a disease with the occupation.

Also draft texts of a decree of the Government of the Russian Federation «On amendments to the regulations on the Federal Air Transport Agency», of an order of the Ministry of Transport of Russia «On approving the procedure for establishment and operation of the central medical examination commission of flight fitness, medical examination commissions of flight fitness, medical experts, as well as on the requirements for members of those commissions and medical experts», as well as of an order of the Ministry of Transport of Russia «On amendments to certain Federal aviation rules» have been prepared (as at the time of preparing the article) [5, p. 11].

Regarding *railway transport*, when carrying out work on medical aspects of safety of train traffic, there is a problem of conducting pre-trip medical check-ups of employees when organizing work using the method of guard's (fixed) driving* and at remote low-capacity stations where there are no health organizations and it is not possible to organize check-ups by medical staff.

In order to reduce injuries and mortality at transport facilities, JSC Russian Railways organized and conducted a pilot project in 2016 on pre-trip and post-trip remote monitoring with the help of telemedicine technology of the health of some rolling stock related employees at several infrastructure directorate facilities. The results of that project were positive. There were 56 posts of telemedicine in 2017.

At the same time, in order to organize pre-trip check-ups using telemedicine technology for railway employees it is necessary to amend Article 46 of the Federal Law of 21 November 2011 No. 323-FZ «On the basis of health protection of citizens in the Russian Federation» regarding the use of that telemedicine technology.

Russian *metro* systems have to use an obsolete regulatory document regulating the conduct of mandatory medical check-ups of metro employees which is the Order of the Ministry of Railways of the USSR of July 7, 1987 No. 23TS. This document has not been used any longer since 1999 for railways, but is still to be applied for metro in part that does not contradict the legislation of the Russian Federation as was stipulated in the Letter of the Ministry of Transport of the Russian Federation of February 05, 2015, No. 0301–07/330. Considering that metro is a high risk enterprise, the lack of a proper regulatory framework for conduct of mandatory preliminary (upon beginning of employment) health assessments and periodic (during employment) medical examinations may entail an increased risk of hiring employees who have medical contraindications to work at the positions linked to train traffic, and adversely affect trouble-free transportation of passengers.

* Operating a locomotive with several (two, three, four) locomotive crews permanently assigned to it, and who travel in a specially designated class (guard's) car.

This predetermines the need for speedy development of the specified relevant legal framework.

Medical care and health protection of the *seafarers* and their medical examination and support were carried out in a certain legal vacuum. It arose after the Ministry of Health of Russia recognized to be invalid the Order of the Ministry of Health of the USSR of September 6, 1989 No. 511 «On improving organization of medical care and sanitary protection of the merchant sea, river fleet and fishery», which identified medical institutions authorized to provide medical assistance to seafarers, to examine them, as well as the procedure for conducting such an examination [6].

In June 2013, Maritime Labour Convention 2006 of the International Labor Organization, ratified by the Russian Federation, entered into force; it sets minimum requirements for work of seafarers on ship board, including requirements for the health status of seafarers and provision of medical care on ship board and ashore [7].

The failure of the Russian Federation to comply with the requirements of international conventions on establishment of a register of approved medical organizations or doctors eligible to conduct medical examinations of seafarers, and approving a form of medical certificate may lead to the fact that medical documents issued to Russian seafarers by domestic medical institutions and doctors will soon not be recognized as legitimate by other nations as not complying with Manila amendments to the Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers [8]. Russian seafarers will be significantly limited in their employment opportunities in the international maritime labor market due to the lack of the documents complied with Convention, giving the right to work on sea vessel. Russian shipping companies might experience a shortage of qualified personnel and be placed in unequal conditions compared to foreign competitors and undergo the risks of possible detentions of Russian ships by port control authorities of other states due to non-compliance with international requirements in this regard.

Another problem was related to the fact that in accordance with national regulatory documents (order of the Ministry of Healthcare and Social Development of Russia dated May 05, 2012 No. 499n as amended on November 29, 2012 «On approval of the procedure for establishing the contents of a first-aid kit for equipping ships, inland navigation vessels and vessels of mixed (river-sea) navigation that do not have a medical officer's position in the staff») the ship's first-aid kit shall include, among other items, controlled drugs to provide effective medical care. This order was canceled by the Order of the Government of the Russian Federation of September 30, 2014 No. 1935-r. One of the main reasons is that in the Russian Federation the existing regulations for working with this group of drugs does not allow these drugs to be on board of a ship in the absence of an appropriate license, regardless of whether there is a doctor, or not [9, p. 96]. A more balanced approach to these issues is required, which may possibly necessitate amending the Federal Law of January 8, 1998 No. 3-FZ «On narcotic drugs and psychotropic substances» in terms of better governing the procedure for circulation of narcotic drugs and psychotropic substances for medical purposes, on sea vessels, vessels of mixed (river-sea) navigation and inland vessels.

2. Providing medical assistance to passengers

186 medical posts were organized at railway station territories (2017)*. Medical posts are structural units of non-state healthcare institutions of JSC Russian Railways. Most medical posts operate around the clock. The main objectives of medical posts include provision of primary premedical and medical care in ambulatory outpatient conditions, in emergency and urgent cases to citizens who are in the medical post, station building and within the borders of station tracks (platforms), in passenger (cargo) long-distance trains and commuter trains during the train stop. Medical posts of stations are equipped with all necessary medical equipment and medicines to provide emergency medical care.

However, currently there are no regulatory legal documents of the federal executive authorities on regulation of operation of medical posts of stations and other transport hubs, on requirements for their location, equipment, staff size, etc.

When conducting inspections of medical posts of stations by control and supervisory

* *Gudok* newspaper. Iss. 65 (26204) of 19.04.2017.



bodies it is pointed out that there is also a discrepancy in their compliance with the requirements of sanitary norms and rules applicable to medical organizations providing primary health care in terms of premises, equipping medical posts of stations with medical supplies, as well as of qualification requirements for the medical staff.

The first-aid kits with which all long-distance trains are equipped do not allow to provide medical assistance to passengers along the way due to the lack of the necessary minimum of medicines and medical supplies, even if a medical employee is on board the train. The presence of drugs in the first-aid kits for long-distance trains is not provided for by the federal laws, e.g. by Federal Law of November 21, 2011 No. 323-FZ «On the basis of health protection of citizens in the Russian Federation».

The current situation with transport health regarding *road and city passenger transport* excites questions. The appropriate educational and training field, relevant medical structures, scientific research and methodological materials on specific topics are almost missing here.

This has resulted in a situation where it is not always possible to provide qualified medical assistance by medical personnel for people at transport facilities and transport infrastructure (because of their remoteness from medical organizations), for example, when performing intercity bus trips, especially in areas with low population density. In the event of an accident the condition of the victims may significantly deteriorate before ambulance crews arrive to the site.

Although the current legislation provides for provision of first aid to injured by persons with special training, the level of training of persons responsible for transportation of passengers (drivers of intercity buses, crews of ships, airplanes), based on an analysis of the content of their training programs, is in some cases lower than required to provide the necessary volume of first aid.

3. Factors of effective medical and social protection of employees

Without giving a detailed analysis, we note that sectoral health care, in addition to the problems discussed above, should address specific issues related to functioning of sectoral enterprises and medical and social protection of employees' health.

One of the main issues in the field of medical support of employees in the transport industry is associated with participation in solving general problem of maintaining labour resources, the growing shortage of which in global terms is one of the main strategic risks and the economic threat to Russia's national security in the long term [10, p. 46]. This is especially true for occupations related to traffic safety of various modes of transportation (first of all, for drivers' professions, pilots, seafarers, vehicle operators), that is, for occupations that set not only specific, but increased health requirements. It should be borne in mind that the medical condition of employees of transport occupations is directly related to such socially significant criterion as professional fitness, which contributes to successful performance of production tasks that assume specific requirements for work load.

Obviously, to reduce the morbidity rates of employees of leading transport

occupations, to preserve labour capacity, there is a need for the comprehensive system of medical, and social and labour rehabilitation of employees. It should be based on the results of psychophysiological, clinical, and medical statistical studies.

Another problem of transport health that requires increased attention is the issue of preventing and eliminating the consequences of emergency situations in transport [11, p. 4073]. We should consider validity and practical implementation of a complex of medical and medico-social measures aimed at reducing the risk of emergency situations, minimizing medical and sanitary consequences, preserving human health and reducing damage to the natural environment.

Conclusion. The considered legal issues of organization of medical care in transport indicate disunity, gaps and fragmentation of domestic legislation in some issues that are subject to regulation in this area, and this is substantially indicated by experts in the field of transport law [12, p. 99].

So, there is a lack of proper legal regulation of certain areas of transport health, as well as their non-compliance with the requirements of international conventions, which may have adverse consequences for the transport system of the Russian Federation. In this regard, it seems necessary to organize a systematic work on elimination of these problems in order to harmonize domestic legislation and bring it in line with international law.

REFERENCES

1. Federal Law of November 21, 2011 No. 323-FZ «On the basis of health protection of citizens in the Russian Federation» [*Federalniy zakon ot 21.11.2011 № 323-FZ «Ob osnovakh okhrany zdorovya grazhdan v Rossiiskoi Federatsii»*].

2. Decree of the Government of the Russian Federation of April 16, 2012 № 291 «On licensing of medical activities (except for the specified activities carried out by medical organizations and other organizations within the private health care system in the territory of Skolkovo Innovation Center)» [*Postanovlenie Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 16 aprelya 2012 goda № 291 «O litsenzirovanii meditsinskoi deyatelnosti (za isklyucheniem ukazannoi deyatelnosti, osushchestvlyaemoi meditsinskimi organizatsiyami i drugimi organizatsiyami, vkhodyashchimi v chastnuyu sistemu zdravookhraneniya, na territorii innovatsionnogo tsentra «Skolkovo»*].

3. Order of the Ministry of Health of Russia dated March 11, 2013 No. 121n «On approval of Requirements for organization and performance of work (services) for provision of primary health care, specialized (including high-tech), emergency (including emergency specialized), palliative medical care, provision of health care via sanatorium-resort treatment, during medical assessment, medical check-ups, medical examinations and sanitary and anti-epidemic (preventive) measures in the framework of provision of medical assistance, organ and (or) tissue transplantation, supply of donated blood and (or) its components for medical purposes» [*Prikaz Minzdrava Rossii ot 11 marta 2013 No, 121n «Ob utverzhdenii Trebovanii k organizatsii i vypolneniyu rabot (uslug) pri okazanii pervichnoi medico-sanitarnoi, spetsializirovannoi (v tom chisel vysokotekhnologichnoi), skoroi (v tom chisel skoroi spetsializirovannoi), palliativnoi meditsinskoi pomoshchi, okazanii meditsinskoi pomoshchi pri sanatorno-kurortnom lechenii, pro provedenii meditsinskikh ekspertiz, meditsinskikh osmotrov, meditsinskikh osvidetelstvovanii I sanitarno-protivoepidemichekikh (profilakticheskikh) meropriyatii v ramkakh okazaniya meditsinskoi pomoshchi, pri transplantatsii (peresadke) organic i (ili) tkanei, obrashchenii donorskoi krovi i (ili) ee komponentov v meditsinskikh tselyakh»*].

4. The list of instructions of the President of the Russian Federation on the issue of improving the level of safety of flights of April 29, 2016 No. Pr-800 [*Perechen' poruchenii Prezidenta RF po voprosu povysheniya urovnya bezopasnosti poletov ot 29 aprelya 2016 goda No. Pr-800*].

5. Damaskin, O. V., Kholikov, I. V. Problematic issues of the legal regulation of flight medical examination in Russia [*Problemnie voprosy pravovoi reglamentatsii vrachebno-letnoi ekspertizy v Rossii*]. *Predstavitelnaya vlast' – XXI vek: zakonodatelstvo, kommentarii, problemy*, 2018, Iss. 3 (162), pp. 10–13.

6. Order of the Ministry of Health of the USSR dated September 6, 1989 No. 511 «On improving organization of medical and sanitary support of the merchant sea, river fleet and fishery» [*Prikaz Minzdrava SSSR ot 6 sentyabrya 1989 goda No. 511 «Ob uluchshenii organizatsii medico-sanitarnogo obespecheniya morskogo, rechnogo flota i rybnogo khozyaistva»*].

7. Federal Law of June 5, 2012 No. 56 FZ and Decree of the Government of the Russian Federation of November 6, 2013 No. 996 «On measures to ensure fulfillment of commitments of the Russian Federation arising out of provisions of the 2006 Convention» [*Federalniy zakon ot 5 iyunya 2012 goda No. 56 FZ i Postanovlenie Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 6 noyabrya 2013 goda No. 996 «O merakh po obespecheniyu vypolneniya obyazatelstv Rossiiskoi Federatsii, vytekayushchikh iz polozhenii Konventsii 2006 goda»*].

8. The 2010 Manila Amendments to the Annex to the International Convention on the Training and Certification of Seafarers and Watchkeeping (the STCW Convention) of 1978 and the 2010 Manila Amendments to the Code on the Training and Certification of Seafarers and the Watchtower (STCW Code).

9. Kholikov, I. V. International legal aspects of implementation of the Transport Strategy of the Russian Federation in the field of medical support for transport [*Mezhdunarodno-pravovie aspekty realizatsii Transportnoi strategii Rossiiskoi Federatsii v sfere meditsinskogo obespecheniya na transporte*]. *Transportnoe pravo i bezopasnost'*, 2018, Iss. 4 (28), p. 96.

10. Buktuyarov, I. V., Rubtsova, N. B., Kholikov, I. V. Occupational Health in Russia. *Trudova meditsina i rabotosposobnost*, 2018, Iss. 3, p. 46.

11. Bagreeva, E. G., Shamsunov, S. Kh., Zemlin, A. I. Environmental Safety Conditions in the Transport Sector by Improving the Culture of Lawmaking. *Ekoloji,* 2019, Vol. 28, Iss. 107, pp. 4071–4076.

12. Zemlin, A.I., Petrov, Yu.I., Kharlamova, Yu. A. Current problems of development of transport legislation in Russia: Monograph [*Aktualnie problem razvitiya transportnogo zakonodatesltva v Rosii: Monogradiya*]. Moscow, Rusayns publ., 2019, 140 p.

УДК 656.089

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-192-205

Высокая смертность при ДТП в Российской Федерации: возможные причины и пути снижения







Александр ПОПОВ **Ульяна КАЙМАКОВА** **Николай СТЕЦКИЙ**

Попов Александр Владимирович *– Волгоградский государственный технический университет, Волжский, Россия.*
Каймакова Ульяна Михайловна *– Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия.*
Стецкий Николай Петрович *– Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Россия*.*

Аварийность на автомобильном транспорте наносит огромный материальный и моральный ущерб как обществу в целом, так и отдельным гражданам. Российская Федерация, по данным ВОЗ, занимает одно из первых мест по показателям дорожно-транспортной смертности среди стран Европейского региона. Целью исследования является попытка установления возможных причин высокой смертности на дорогах Российской Федерации. Проведён опрос граждан РФ, имеющих водительские удостоверения и опыт управления транспортными средствами, в разных регионах страны. Одной из выявленных причин является низкая грамотность участников дорожного движения в вопросах оказания первой помощи пострадавшим. Рассмотрены и другие факторы, улучшение показателей которых потенциально способно сократить число смертельных случаев при ДТП (время прибытия бригад скорой медицинской помощи, их оснащённость оборудованием и медикаментами, взаимодействие экстренных служб, повышение эффективности обучения оказанию первичной медицинской помощи в автошколах).

Ключевые слова: автомобильный транспорт, дорожно-транспортное происшествие, смертность в ДТП, первая медицинская помощь, травматизм.

---

*Информация об авторах:
Попов Александр Владимирович – старший преподаватель кафедры «Автомобильный транспорт» Волжского политехнического института (филиала) Волгоградского государственного технического университета, Волжский, Россия, alexandrus238@yandex.ru.
Каймакова Ульяна Михайловна – студент Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Россия, ulyana.kaimakova@gmail.com.
Стецкий Николай Петрович – студент Волгоградского государственного медицинского университета, Волгоград, Россия, epifen1996@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 07.02.2019, принята к публикации 14.05.2019.

For the English text of the article please see p. 199.

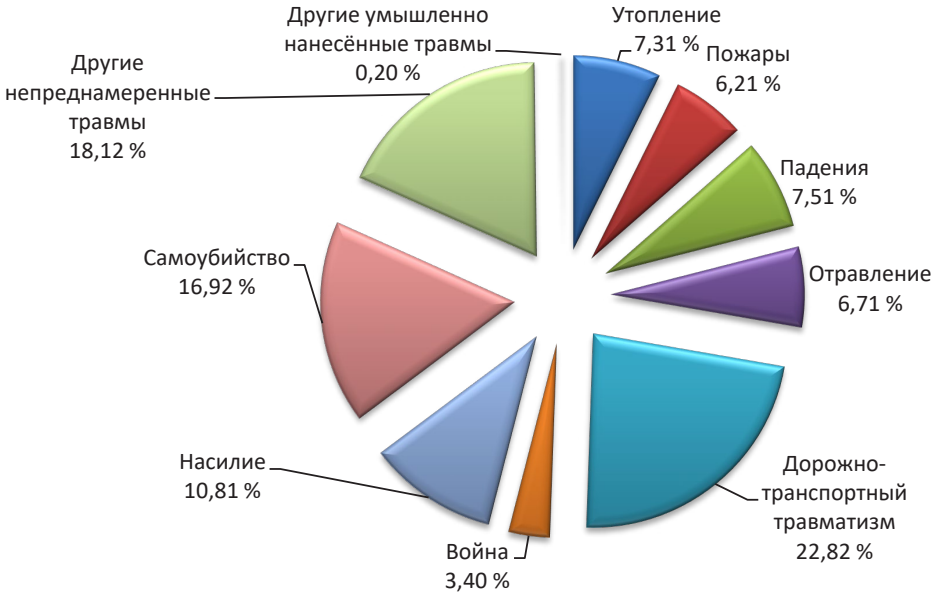


Рис. 1. Распределение общемировой смертности в результате травматизма в зависимости от причин [1, с. 38].

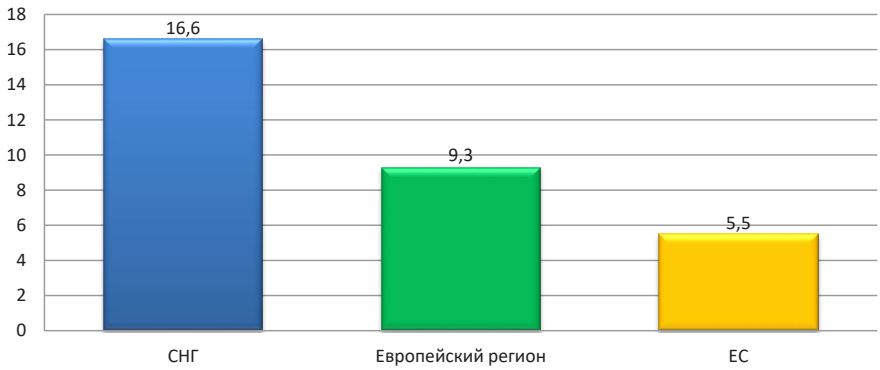


Рис. 2. Показатели дорожно-транспортной смертности на 100 000 населения в странах Содружества независимых государств (СНГ), Европейского региона ВОЗ (ЕР) и Европейского союза (ЕС) за 2013 г.

Каждый день в результате телесных повреждений погибают тысячи людей, на каждого погибшего приходится несколько тысяч изувеченных, у многих из которых последствия травмы сохраняются в течение всей жизни. При этом практически четверть (22,8 %) погибших в результате травм в мире гибнет в дорожно-транспортных происшествиях (рис. 1) [1, с. 38].

Показатели смертности в результате травм, полученных при ДТП, существенно различаются во всём мире. В Европейском регионе ВОЗ наиболее низкие показатели смертности наблюдаются в странах Западной Европы, таких, как Швеция и Великобритания, а наиболее высокие показатели приходятся на страны СНГ (рис. 2) [2, с. 2].

Российская Федерация по данным за 2015 год занимает одно из первых мест по показателям дорожно-транспортной смертности среди стран Европейского региона Всемирной организации здравоохранения [2, с. 3].

Подавляющее большинство погибших при ДТП в РФ (57 %) – водители и пассажиры автомобилей (рис. 3) [3, с. 36]. Треть погибших в авариях на автомобильных

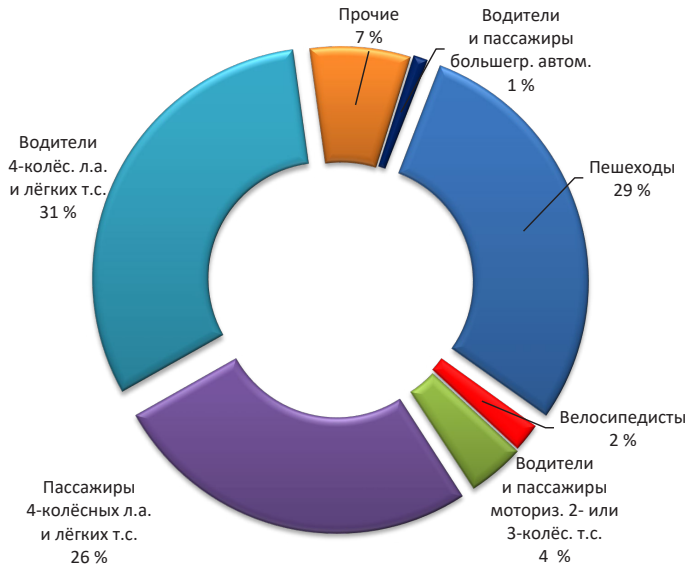


Рис. 3. Смертность в результате ДТП в зависимости от категории участников дорожного движения в РФ [3, с. 36].

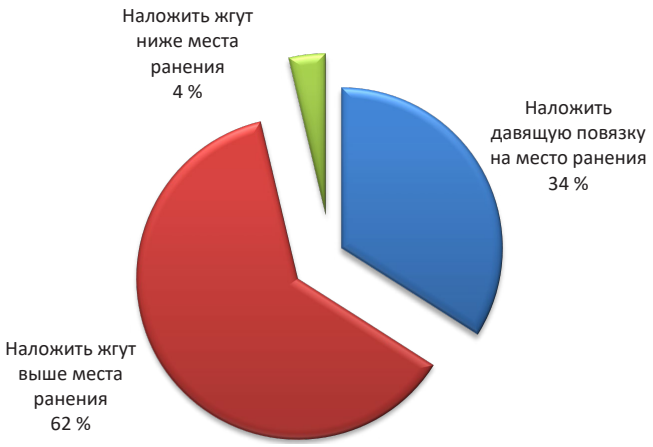


Рис. 4. Распределение ответов на вопрос «Как остановить кровотечение при ранении вены и некрупных артерий?».

дорогах составляют люди наиболее активного трудоспособного возраста (26–40 лет). Ежегодные экономические потери страны от дорожно-транспортных происшествий составляют около 2 % валового внутреннего продукта и сопоставимы в абсолютных показателях с валовым региональным продуктом таких субъектов Российской Федерации, как Краснодарский край или Республика Татарстан [4, с. 4].

Жертвы ДТП получают травмы различного типа и тяжести. Можно выделить основные виды травм при ДТП:

• **для пешеходов:** повреждения мягких тканей, переломы костей черепа, травмы головного мозга, повреждения грудной клетки (переломы костного скелета и ранения органов грудной полости), переломы костей таза, позвоночника, ключиц, переломы костей нижних конечностей (преобладают повреждения бедренных костей) [5, с. 3];

• **для находящихся в кабине автомобиля:** повреждения мягких тканей, переломы костей черепа, в том числе лицевого скелета, повреждения внутренних органов (ушибы, разрывы, размозжения и отрывы), повреждения грудной клетки, травмы головного мозга [5, с. 4];

• около четверти госпитализированных в результате ДТП получают травму голов-



Рис. 5. Распределение ответов на вопрос «Каковы признаки кровотечения из крупной артерии и с чего начинается первая помощь при её ранении?».

ного мозга; 10 % – открытые раны, например, глубокие порезы, и почти 20 % – переломы нижних конечностей [6].

Многие случаи смерти в результате нарушения дыхания или от потери крови могут быть предотвращены силами обычных свидетелей аварии, если они обучены оказанию первой помощи [7, с. 659].

Оказание своевременной, эффективной и высококачественной медицинской помощи тоже может улучшить исход и обеспечить выживаемость пострадавших в ДТП. Неравенство в области показателей дорожно-транспортной смертности может отчасти объясняться тем, что в ряде стран пострадавшим оказывается более качественная скорая и неотложная травматологическая помощь, а также первая помощь на месте происшествия.

Довольно часто причинами непредотвращения смертельного исхода становятся временной фактор (задержка приезда бригады скорой помощи) и невысокий уровень подготовки сотрудников полиции, а также водителей, порой не умеющих и не понимающих, как оказать первую помощь пострадавшему [8].

В этой связи среди причин высокого уровня смертности на дорогах РФ можно особо выделить одну из названных – собственное отношение участников дорожного движения к безопасности, в том числе низкую медицинскую грамотность и неготовность (в силу отсутствия соответствующих навыков) оказывать первую помощь пострадавшим.

В рамках нашего исследования эта причина была рассмотрена более подробно, в том числе проведён опрос граждан РФ, имеющих водительские удостоверения и опыт управления транспортными средствами, в разных регионах страны (всего 107 человек: 67 мужчин и 40 женщин). Опрос проводился авторами с мая по сентябрь 2018 года путём непосредственного анкетирования водителей и через платформу https://docs.google.com/forms, с помощью сообществ водителей в социальных сетях.

Респондентам было предложено ответить на вопросы о медицинской подготовке в автошколах, участии в ДТП, приёмах оказания первой помощи.

У большинства опрошенных занятия по первой медицинской помощи в автошколе проводил сотрудник автошколы, а у четверти опрошенных таких занятий не было вовсе. У 80 % не было практических занятий по оказанию первой медицинской помощи с использованием манекенов.

10 % сталкивались с ситуацией необходимости оказания первой помощи и оказывали её, а около 10 % не смогли оказать помощь по причине боязни навредить пострадавшему и стрессовой обстановки.



Рис. 6. Распределение ответов на вопрос «На какой срок может быть наложен кровоостанавливающий жгут?»



Рис. 7. Распределение ответов на вопрос «В каких случаях следует начинать сердечно-лёгочную реанимацию пострадавшего?»

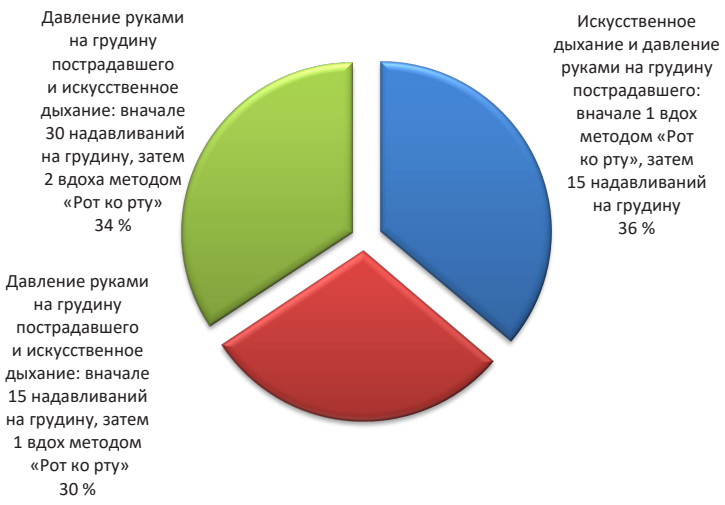


Рис. 8. Распределение ответов на вопрос «Каким образом проводится сердечно-лёгочная реанимация пострадавшего?».

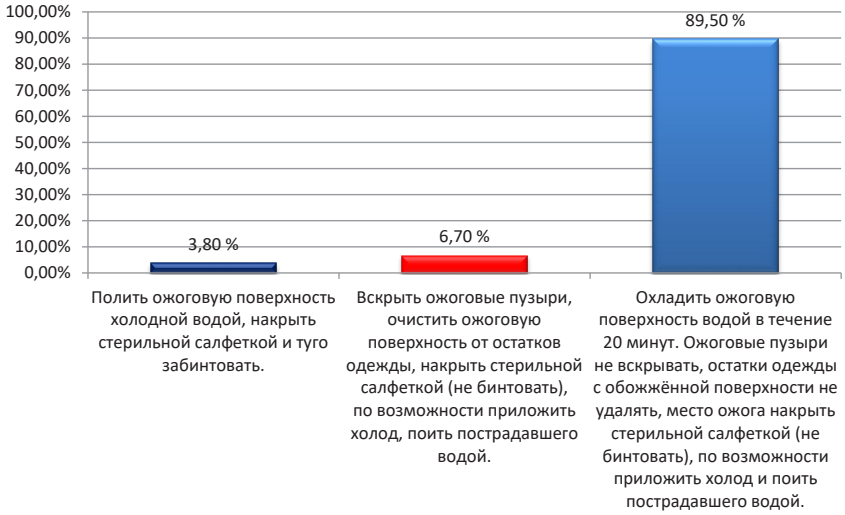


Рис. 9. Распределение ответов на вопрос «Какова первая помощь при наличии признаков поверхностного термического ожога?»

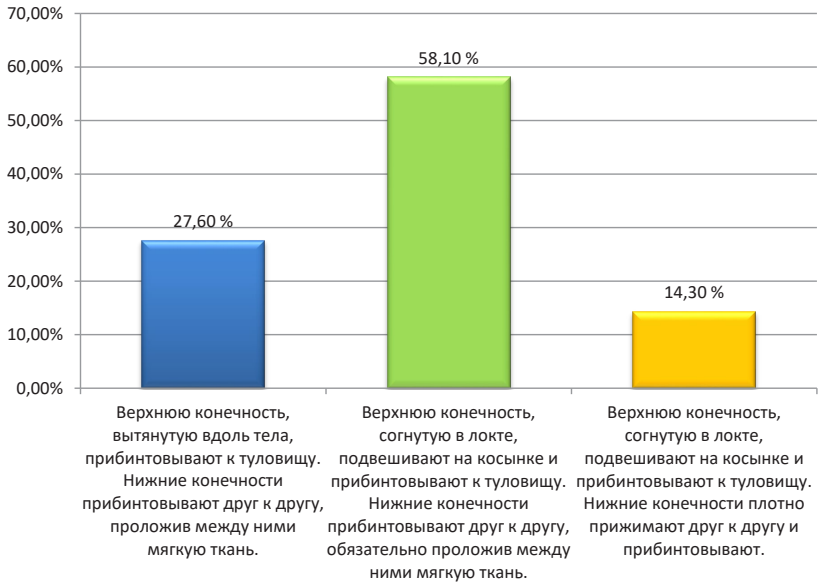


Рис. 10. Распределение ответов на вопрос «Как оказывается первая помощь при переломах конечностей, если отсутствуют транспортные шины и подручные средства для их изготовления?»

Результаты ответов на вопросы о приёмах оказания первой помощи представлены в виде диаграмм.

Правила остановки кровотечения при ранении вены и некрупных артерий (наложить давящую повязку) знают лишь 34 % опрошенных (рис. 4).

Признаки кровотечения из крупной артерии и с чего начинается первая помощь при её ранении могут определить 95,3 % опрошенных (рис. 5).

На какой срок может быть наложен кровоостанавливающий жгут знают 76,9 % респондентов (рис. 6).

Правильные признаки для начала сердечно-лёгочной реанимации могут назвать 93,4 %, а вот оказать её способны лишь 34,3 % (рис. 7, 8).

Оказать первую помощь при ожогах способны 89,5 % опрошенных (рис. 9).

Правильно оказать помощь при переломах конечностей смогут 58,1 % (рис. 10).

Хотя результаты оказались не такими плохими, как можно было ожидать (с учётом качества подготовки по этому вопросу водителей-любителей в автошколах), значительные пробелы знаний в области оказания первой помощи тем не менее существуют. Учитывая, что помимо теоретических знаний, как оказать помощь, человек должен быть способен применить эти знания, не поддаваться панике и не бояться вида крови. Процент тех, кто реально может оказать помощь, будет ещё ниже.

Значительно более низкая смертность от ДТП в странах ЕС по сравнению с РФ может быть связана, в первую очередь, с минимальным временем прибытия бригад экстренной медицинской помощи и доставки пострадавшего в медицинское учреждение (в том числе и воздушным транспортом). Возможно, также значительную роль играет оснащение бригад скорой помощи лекарственными препаратами и оборудованием, а также квалификация медицинского персонала и сотрудников других экстренных служб (полиции, МЧС), прибывающих на место ДТП часто даже раньше персонала скорой медицинской помощи. Быстрое вмешательство пожарных, спасателей и полицейских исключительно важно в тех случаях, когда люди оказываются запертыми в автомобиле, особенно если автомобиль горит или находится под водой. Поэтому и пожарные, и сотрудники полиции должны быть обучены основам поддержания жизни пострадавших.

ВЫВОДЫ

Опыт европейских стран, ужесточение наказания за серьёзные нарушения ПДД, повышение качества обучения в автошколах, сокращение времени прибытия скорой помощи, – все эти меры, применяемые совместно, позволят достичь существенного снижения как общего количества ДТП, так и тяжких последствий от них. Такие мероприятия в России последовательно реализуются [4], но такой процесс должен быть постоянно в центре внимания и неустанно развиваться.

По нашему мнению, проведение занятий по медицинской подготовке в автошколах должно являться обязательным, причём с привлечением медицинских работников. В то же время должно уделяться больше внимания обучению приёмам оказания первой помощи в образовательных учреждениях (дошкольные учреждения (например, в игровой форме), школы, образовательные организации среднего профессионального образования и высшего образования).

Кроме того, было бы целесообразно в обязательном порядке обучать водителей коммерческого автотранспорта оказанию первой помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях.

Программы обучения оказанию первой помощи обычных граждан должны следовать определённым принципам, установленным Всемирной организацией здравоохранения [1, с. 169].

Реализация существующих и внедрение предлагаемых новых подходов позволят снизить число смертельных случаев в результате ДТП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Всемирный доклад о предупреждении дорожно-транспортного травматизма / Пер. с англ. – М.: Весь Мир, 2004. – 280 с.

2. Европейские факты и доклад о состоянии безопасности дорожного движения в мире 2015. – Всемирная Организация Здравоохранения. [Электронный ресурс]: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/298386/European-facts-Global-Status-Report-road-safety-ru.pdf. Доступ 07.02.2019.

3. Профили европейских стран и доклад о безопасности дорожного движения в мире 2015. – Всемирная Организация Здравоохранения [Электронный ресурс]: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/336029/European-country-profile-global-status-report-road-safety-2015-ru.pdf. Доступ 07.02.2019.

4. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы, утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. № 1-р. [Электронный ресурс]: http://static.government.ru/media/files/g6BXGgDI4fCEiD4xDdJUwlxudPATBC12.pdf. Доступ 07.02.2019.

5. Первая помощь при сочетанных и комбинированных поражениях [Электронный ресурс]: https://www.volgmed.ru/uploads/files/2014–1/25303-pervaya_pomocsh_pri_sochetannyh_i_kombinirovannyh_porazheniyah.pdf. Доступ 07.02.2019.

6. Информационный бюллетень ВОЗ: Дорожно-транспортные травмы [Электронный ресурс]: http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries. Доступ 07.02.2019.

7. Dhondt S., Macharis C., Terryn N., Van Malderen F., Putman K. Health burden of road traffic accidents, an analysis of clinical data on disability and mortality exposure rates in Flanders and Brussels. – Accident Analysis & Prevention. – Vol. 50. – 2013. – pp. 659–666. – DOI: 10.1016/j.aap.2012.06.019.

8. Оказание первой помощи при дорожно-транспортных происшествиях [Электронный ресурс]: https://minzdravao.ru/site-page/okazanie-pervoy-pomoshchi-pri-dorozhno-transportnyh-proisshestviyah. Доступ 07.02.2019.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-192-205

High Mortality Rates from Road Traffic Accidents in the Russian Federation: Possible Causes and Ways to Overcome Challenges







Alexander V. POPOV **Ulyana M. KAIMAKOVA** **Nikolai P. STETSKY**

Popov, Alexander V., *Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia.*
Kaimakova, Ulyana M., *Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia.*
Stetsky, Nikolay P., *Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia*.*

ABSTRACT

Road traffic accidents cause enormous material and moral damage both to the society as a whole and to individual citizens. According to the data, the Russian Federation is among countries with highest road traffic mortality rates within European Region of the World Health Organization.

The objective of the study was to attempt to identify possible causes of high mortality rates from traffic accidents on the roads of the Russian Federation and to reveal ways to reduce those rates.

To that purpose a survey of citizens of the Russian Federation who are driver's license owners and who are experienced drivers was conducted in different regions of the country. The results identified low medical literacy in terms of provision of first aid to the injured persons as one of the causes.

Other factors, potentially capable to reduce the number of fatalities in road traffic accidents, once their performance indicators improve, have also been considered. Those indicators comprise time of arrival of ambulance crews at the site of an accident with enough medical equipment and medicines, interaction of emergency services, growth of efficiency of training in providing primary medical care at driving schools.

Keywords: *road transport, traffic accident, road traffic mortality, first aid, injuries.*

*Information about the authors:
Popov, Alexander V. – senior lecturer of the department of Road transport of Volzhsky Polytechnic Institute, a branch of Volgograd State Technical University, Volzhsky, Russia, alexandrus238@yandex.ru.
Kaimakova, Ulyana M. – student of Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, ulyana.kaimakova@gmail.com.
Stetsky, Nikolay P. – student of Volgograd State Medical University, Volgograd, Russia, epifen1996@gmail.com.

Article received 07.02.2019, accepted 14.05.2019.

For the original Russian text please see p. 192.

Introduction. Thousands of people die every day as a result of bodily injuries, and per each person deceased there are several thousand injured, many of whom will suffer the effects of injury throughout their lives. At the same time, almost a quarter (22,8 %) of those who died in the world following injuries, were victims of road traffic accidents (Pic. 1) [1, p. 38].

The *objective* of the authors is to identify possible causes and ways to reduce high mortality rates from road accidents in the Russian Federation.

The authors used general scientific *methods*, comparative analysis, evaluation approach, statistical data analysis, surveys data and own social study and survey.

Results.

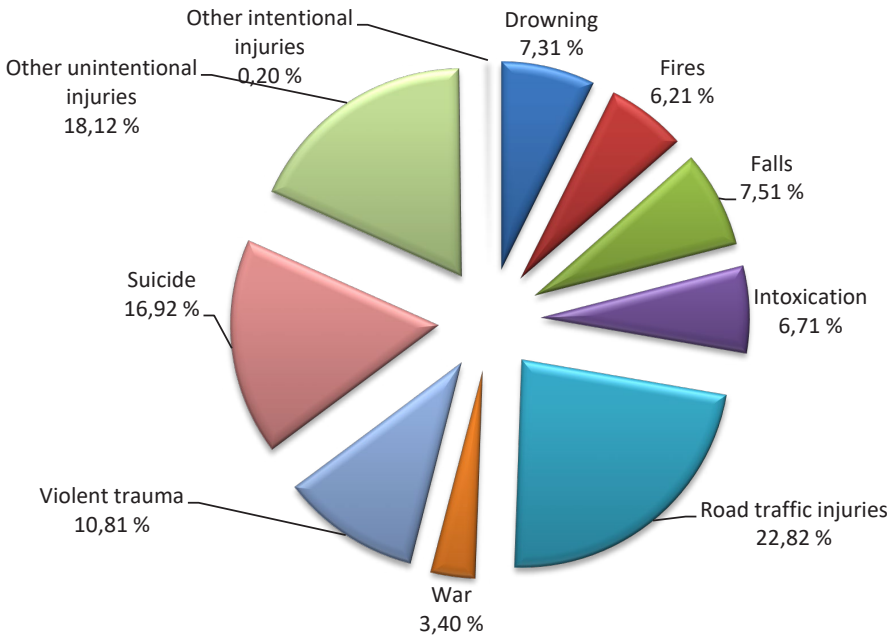
Mortality rates from injuries resulting from road traffic accidents vary significantly throughout the world. In the WHO European Region, the lowest mortality rates are observed in Western European countries, such as Sweden and the United Kingdom, and the highest rates are in the CIS countries (Pic. 2) [2, p. 2].

The Russian Federation, according to data for 2015, is one of the first places in terms of road traffic mortality among the countries of the European Region of the World Health Organization [2, p. 3].

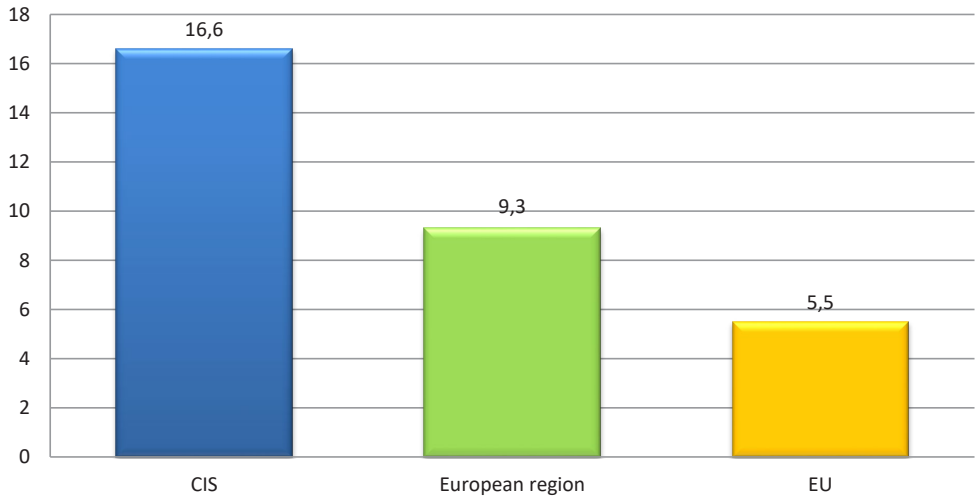
The overwhelming majority of those died from road traffic accidents in the Russian Federation (57 %) are drivers and passengers of cars (Pic. 3) [3, p. 36]. One third of those died from road accidents are people of the most active working age (26–40 years old). The country's annual economic losses from road accidents make about 2 % of gross domestic product and are comparable in absolute terms to the gross regional product of such federal territorial entities of the Russian Federation as Krasnodar region or the Republic of Tatarstan [4, p. 4].

Victims of road traffic accidents receive injuries of various types and severity. We can identify main types of injuries in case of a road traffic accident:

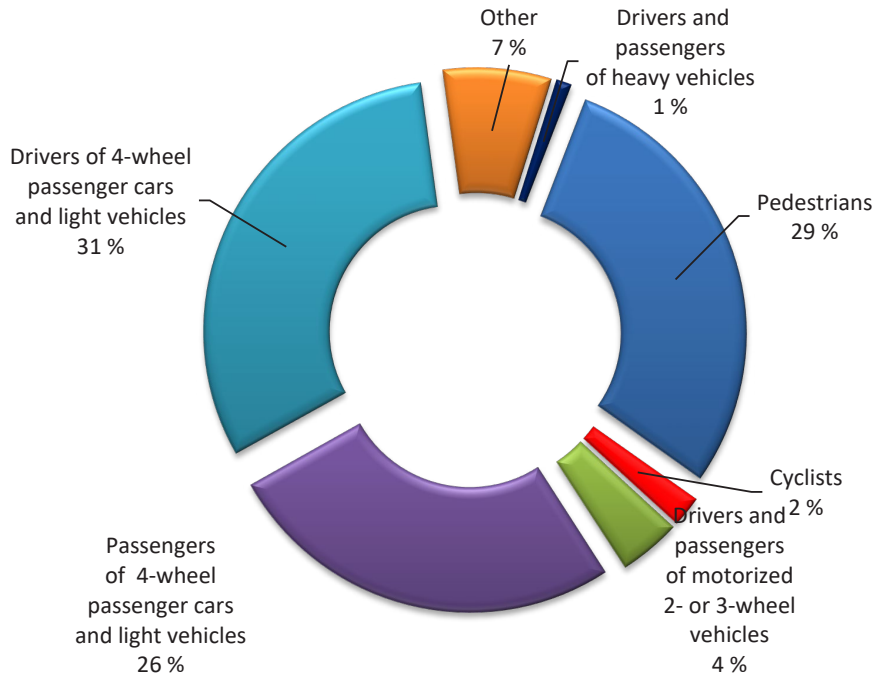
- for pedestrians: soft tissue injuries, fractures of skull bones, brain injuries, chest injuries (fractures of the skeleton and injuries of the chest cavity), fractures of the pelvis, spine, clavicle, fractures of the lower extremities (injuries of the femurs prevail) [5, p. 3];
- for those who were in the car cabin: soft tissue damage, fractures of skull bones, particularly of the facial skeleton, damage to internal organs (bruises, breaks, crush and tear), chest damage, brain injury [5, p. 4];
- about a quarter of those hospitalized as a result of an accident receive brain injury; 10 % get open wounds, for example, deep cuts and almost 20 % have fractures of the lower extremities [6].



Pic. 1. Distribution of global mortality due to injury depending on various causes [1, p. 38].



Pic. 2. Road traffic mortality rates per 100 000 population in the countries of the Commonwealth of Independent States (CIS), the WHO European Region (ER) and the European Union (EU) in 2013.

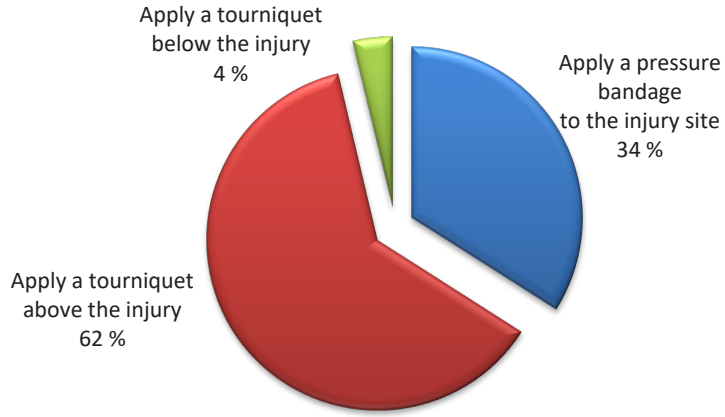


Pic. 3. Mortality as a result of road accidents, depending on the category of the road traffic participants in the Russian Federation [3, p. 36].

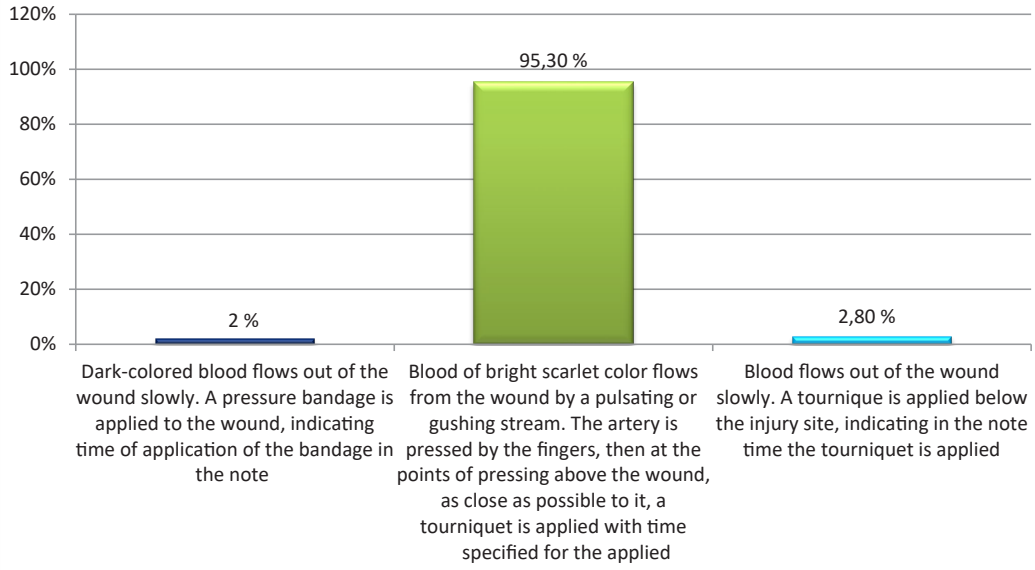
Many deaths occurred following respiratory failure or bleeding might be prevented by ordinary accident's witnesses if they are trained to provide first aid [7, p. 659].

Providing an effective and high-quality medical care can also improve the outcome and ensure survival of victims of road traffic accidents. Inequality in the rates of road traffic mortality can be partly explained by the fact that in several countries the victims are provided with better ambulance and emergency trauma care, as well as with better first aid at the scene of the accident.

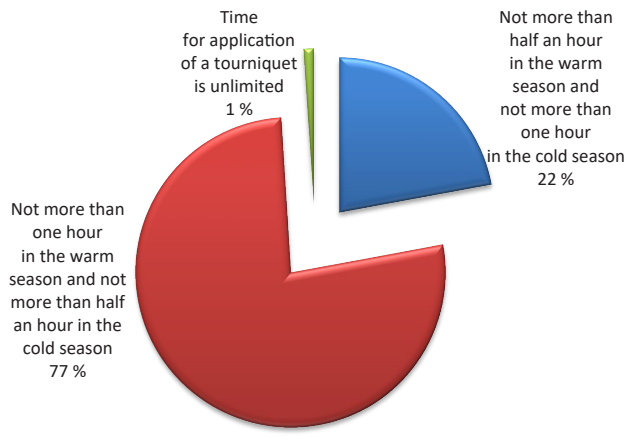
Very often, time factor (delayed arrival of ambulance crews) and the low level of police members' training, as well as of drivers who



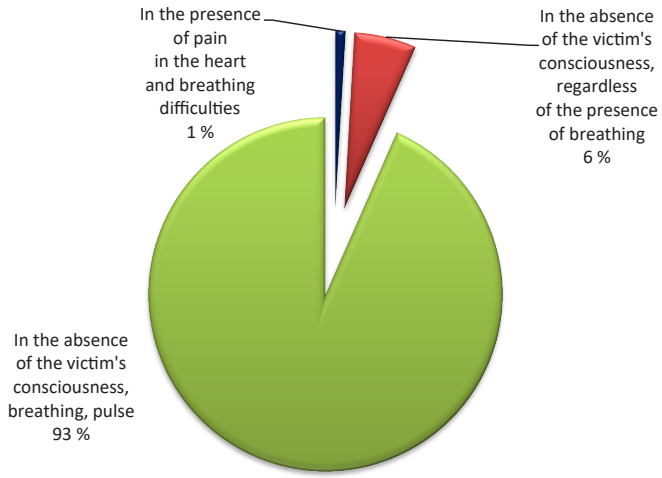
Pic. 4. Distribution of answers to the question «How to stop bleeding when a vein and small arteries are wounded?».



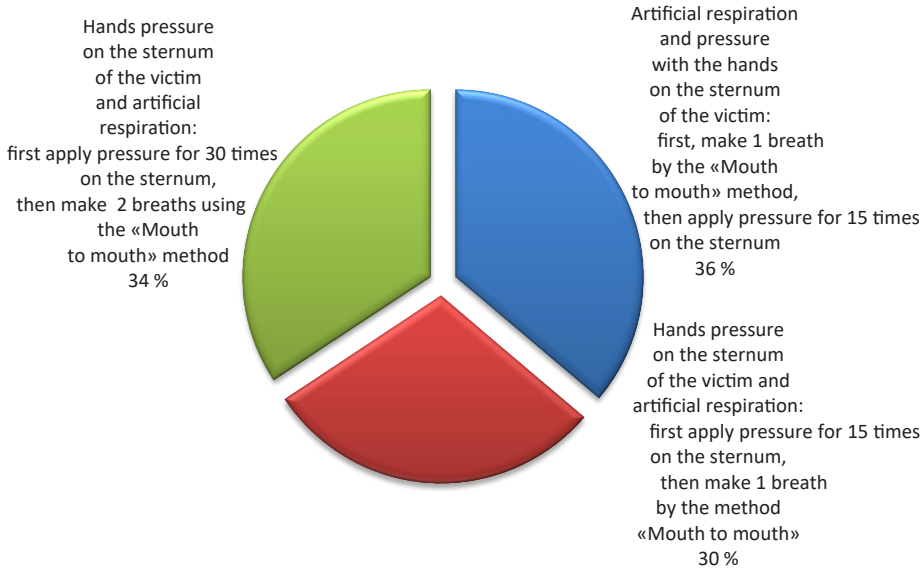
Pic. 5. Distribution of answers to the question «What are the signs of bleeding from a large artery and how does first aid begin when it is injured?».



Pic. 6. Distribution of answers to the question «For how long can a styptic tourniquet be applied?».



Pic. 7. Distribution of answers to the question «In what cases should the cardiopulmonary resuscitation of an injured person be started?».



Pic. 8. Distribution of answers to the question «How is the cardiopulmonary resuscitation of the victim carried out?».

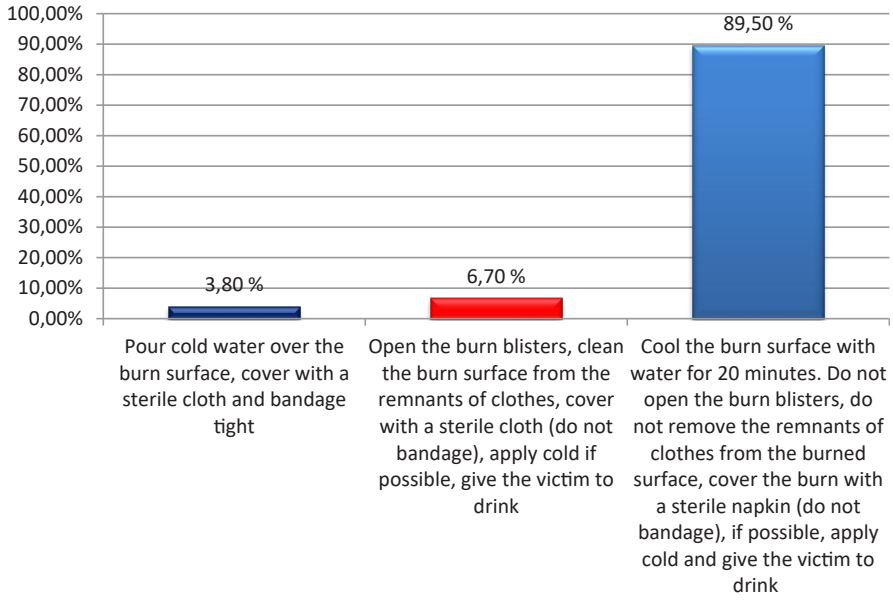
sometimes cannot and do not understand how to render first aid to the injured person, are causes why lethal cases are not prevented [8].

In this regard, among the reasons explaining high mortality rate on the roads of the Russian Federation, we can single out the road users' own attitude to safety, including low medical literacy and lack of readiness due to the lack of appropriate skills to provide first aid to victims.

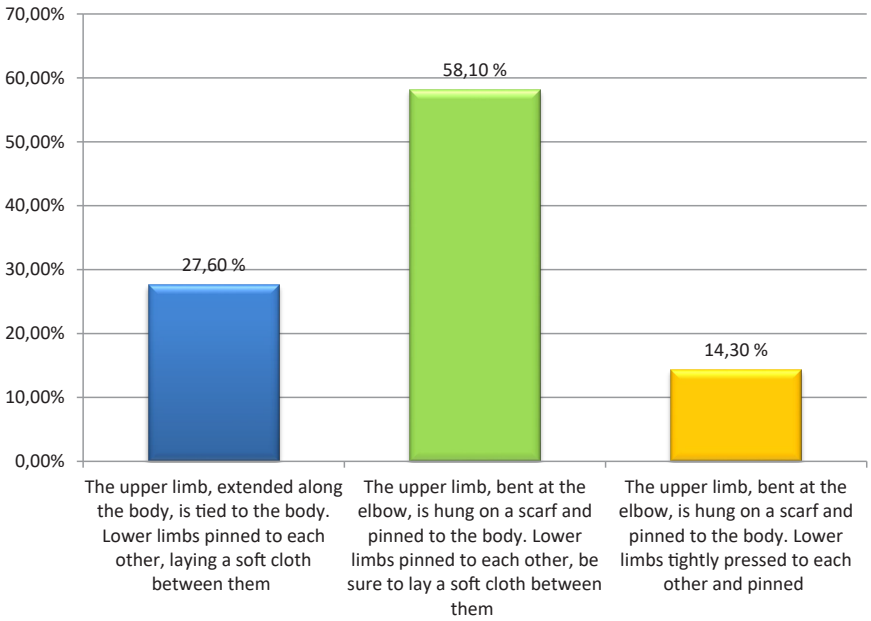
As part of our study, this reason was considered in more detail, particularly through conducting a survey of citizens of the Russian Federation who have a driver's license and driving experience in different regions of the country (107 people in total: 67 men and 40 women). The survey was conducted by the authors from May to September 2018 through a direct questioning of drivers and via the platform https://docs.google.com/forms, with the help of communities of drivers in social networks.

Respondents were asked to answer questions about medical training in driving schools, involvement in road traffic accidents, first aid techniques.

Most of the respondents had first-aid training in a driving school conducted by a driving school employee, and a quarter of the respondents did not have such classes at all. 80 % did not have practical training on first aid using dummies.



Pic. 9. Distribution of answers to the question «What is first aid in case of a superficial thermal burn?».



Pic. 10. Distribution of answers to the question «How is first aid provided in case of fractures of extremities, if there are no transport tires, neither available tools to make them?».

10 % faced the situation when it was necessary to provide the first aid and they provided it, while other 10 % faced such situations but could not provide assistance because of fear of harming the injured and of stressful environment.

The results of answers to questions about first aid techniques are presented in the form of diagrams.

Only 34 % of respondents know the rules for stopping bleeding from damaged vein or small arteries (to apply a pressure bandage) (Pic. 4).

95,3 % of respondents can identify signs of bleeding from a large artery and know how to start first aid when large artery is injured (Pic. 5).

76,9 % of respondents know about maximum time of application of a tourniquet (Pic. 6).

Signs for the onset of cardiopulmonary resuscitation may be called by 93,4 % of the respondents, while only 34,3 % are able to render it correctly (Pic. 7, 8).

89,5 % of respondents are capable to provide first aid in case of burns (Pic. 9).

58,1 % of respondents will be able to provide correct aid for limb fractures (Pic. 10).

Although the results were not as bad as might have been expected (given the quality of training provided to amateur drivers in driving schools on this issue), there are significant gaps in first-aid knowledge. Given that in addition to theoretical knowledge of how to assist, a person should be able to apply this knowledge, not to panic and not to be afraid at seeing the blood, the percentage of those who can actually provide assistance will be even lower.

Significantly lower mortality from road traffic accidents in the EU countries compared to the Russian Federation may be associated, first of all, with the minimum time of arrival of emergency medical assistance teams and of transportation of the injured to a medical institution (including air transport). It is also possible that an important role is played by the equipment of the ambulance brigade with drugs and medical devices, as well as by the qualifications of medical personnel and other emergency services personnel (police members, firefighters), often arriving at the accident scene before ambulance staff. The rapid intervention of firefighters, rescuers and police officers is extremely important in cases when people find themselves locked in a car, especially if the car is on fire or under water. Therefore, both firefighters and the police officers must be trained in the basics of life sustaining of the injured persons.

Conclusions. The experience of European countries, toughening penalties for serious violations of traffic rules, improving the quality of training in driving schools, reducing time of arrival of ambulance, applied together, will result in a significant reduction in both the total number of accidents and their serious consequences. Such measures and approaches in Russia are being consistently implemented [4], but such a process should be constantly in the focus of attention and be developed tirelessly.

In our opinion, conducting medical classes in driving schools should be mandatory, and they should be held with involvement of medical personnel as instructors and tutors. At the same time, more attention should be paid to first aid training in educational institutions (preschool institutions (for example, using gamification), schools, educational organizations of secondary vocational education and higher education).

Besides, it would be advisable to train drivers of commercial vehicles to provide first aid to victims of road traffic accidents.

First aid training provided to ordinary citizens should follow the principles established by the World Health Organization [1, p. 169].

Implementation of the existing and introduction of new suggested approaches will reduce the number of deaths caused by road traffic accidents.

REFERENCES

1. World report on prevention of road traffic injuries [*Vsemirniy doklad o preduprezhdenii dorozhno-transportnogo travmatizma*]. Trans. from English. Moscow, «Ves' Mir» Publishing House, 2004, 280 p.

2. European Facts and World Road Safety Report 2015. World Health Organization. [Electronic resource]: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/298386/European-facts-Global-Status-Report-road-safety-ru.pdf. Last accessed 07.02.2019.

3. Profiles of European Countries and World Road Safety Report 2015. World Health Organization [Electronic resource]: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/336029/European-country-profile-global-status-report-road-safety-2015-ru.pdf. Last accessed 07.02.2019.

4. The road safety strategy in the Russian Federation for the years 2018–2024, approved by the decree of the Government of the Russian Federation dated January 8, 2018 No. 1-r [*Strategiya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiiskoi Federatsii na 2018–2024 gody, utverzhdena rasporyazheniem Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 8 yanvarya 2018. № 1-r*]. [Electronic resource]: http://static.government.ru/media/files/g6BXGgDI4fCEiD4xDdJUwlxudPATBC12.pdf. Last accessed 07.02.2019.

5. Marchenko, D. V. First aid for coexistent and combined injuries [*Meditsinskaya pomoshch pri sochetannykh i kombinirovannykh porazhaniyakh*]. [Electronic resource]: https://www.volgmed.ru/uploads/files/2014–1/25303-pervaya_pomocsh_pri_sochetannyh_i_kombinirovannyh_porazheniyah.pdf. Last accessed 07.02.2019.

6. WHO newsletter: Road traffic injuries [Electronic resource]: http://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries. Last accessed 07.02.2019.

7. Dhondt, S., Macharis, C., Terryn, N., Van Malderen, F., Putman, K. Health burden of road traffic accidents, an analysis of clinical data on disability and mortality exposure rates in Flanders and Brussels. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 50, 2013, pp. 659–666, DOI: 10.1016/j.aap.2012.06.019.

8. First aid in road traffic accidents [*Okazanie pervoi pomoshchi pri dorozhno-transportnykh proisshestviyakh*]. [Electronic resource]: https://minzdravao.ru/site-page/okazanie-pervoy-pomoshchi-pri-dorozhno-transportnyh-proisshestviyah. Last accessed 07.02.2019.

УДК 656.13
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-206-219

Важность трасологических исследований при установлении обстоятельств ДТП с целью предотвращения случаев страхового мошенничества







Ирина ИЛЬИНА **Максим СЕРГЕЕВ** **Екатерина НЕЛЮЦКОВА**

Ильина Ирина Евгеньевна *— Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС), Пенза, Россия.*
Сергеев Максим Вячеславович *— АНО «Пензенская лаборатория судебной экспертизы», Пенза, Россия.*
Нелюцкова Екатерина Алексеевна *— Пензенский государственный университет архитектуры и строительства (ПГУАС), Пенза, Россия*.*

Авторы на основе анализа роста автомобилизации, в том числе, и на региональном уровне (на примере Пензенской области Российской Федерации) подтверждают актуальность задач сохранения жизни и здоровья участников дорожного движения, отмечают изменения в частоте случаев дорожно-транспортных происшествий различных видов, положительную роль страховых инструментов в урегулировании последствий ДТП.

При этом мошенничество в сфере обязательного страхования автогражданской ответственности (ОСАГО) является одной из самых важных и наболевших тем для специалистов страховых компаний. Одной из наиболее распространённых схем фиктивных аварий является ремонт или замена имеющихся повреждений за счёт страховщика. В этой связи широкое распространение получило использование транспортно-трасологических экспертиз.

Именно этот вид транспортной экспертизы достоверно и точно определяет соответствие повреждений на транспортных средствах механизму и обстоятельствам дорожно-транспортного происшествия. Трасология назначается всегда, когда речь идёт о распространённых в настоящее время «автоподставах». Без трасологических исследований невозможно разобраться в авариях, связанных с перестроением транспортных средств, движущихся попутно. Особенно много проблем возникает в ситуации, когда оба участника происшествия утверждают, что двигались без изменения направления движения, а манёвр перестроения и невыполнение требования Правил дорожного движения (ПДД) РФ о предоставлении преимущества в движении транспортному средству совершил оппонент.

В качестве примера в статье представлено экспертное исследование дорожно-транспортного происшествия, вызвавшего сомнения в достоверности обстоятельств, изложенных страхователями.

Ключевые слова: автотранспорт, дорожно-транспортное происшествие, страхование, страхование транспортных средств, обязательное страхование автогражданской ответственности, экспертиза, транспортно-трасологическая экспертиза, повреждения транспортных средств.

---

*Информация об авторах:
Ильина Ирина Евгеньевна – кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой организации и безопасности движения Пензенского государственного университета архитектуры и строительства (ПГУАС), Пенза, Россия, iie.1978@yandex.ru.
Сергеев Максим Вячеславович – эксперт-автотехник АНО «Пензенская лаборатория судебной экспертизы», Пенза, Россия, sergeev654321@yandex.ru.
Нелюцкова Екатерина Алексеевна – магистрант Пензенского государственного университета архитектуры и строительства (ПГУАС), эксперт-автотехник АНО «Пензенская лаборатория судебной экспертизы», Пенза, Россия, kate_170481@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 18.03.2019, актуализирована 17.06.2019, принята к публикации 28.06.2019.

For the English text of the article please see p. 213.

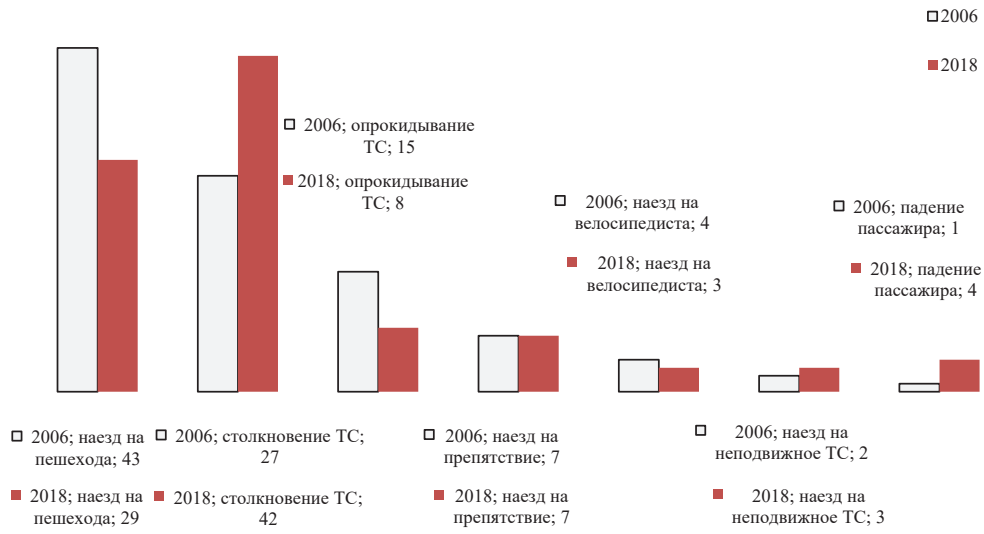


Рис. 1. Сравнительный анализ количества ДТП по видам (2006 и 2018 гг.) в РФ, %.

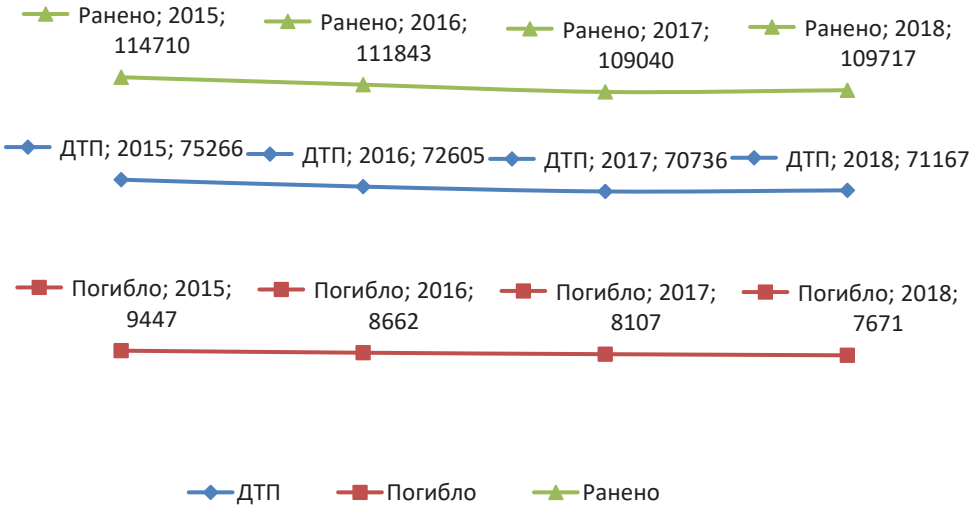


Рис. 2. ДТП и пострадавшие при столкновениях транспортных средств в РФ.

Автомобильный транспорт является неотъемлемой частью повседневной жизни. Развитие транспортной сети, инфраструктуры, рост автомобилизации способствуют увеличению роли автомобильного транспорта в транспортной системе.

Растущая актуальность задач сохранения жизни и здоровья участников дорожного движения (за счёт повышения дисциплины на дорогах, качества дорожной инфраструктуры, организации дорожного движения, повышения качества и оперативности медицинской помощи пострадавшим и др.) и, как следствие, сокращения демографического и социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий (ДТП)и их последствий согласуется с социальными приоритетами общества.

Это в полной мере относится и к приоритетным задачам социально-экономического развития Российской Федерации в долгосрочной и среднесрочной перспективе [1, 2].

По официальным данным, в 2018 году 80,4 % ДТП в РФ произошло из-за нарушения правил дорожного движения водителями легковых автомобилей. В Пензенской области этот показатель составляет

82,2 %. Стоит отметить рост на 3,3 % количества ДТП по вине водителей транспортных средств, и, в частности, по вине водителей легковых автомобилей как в целом по РФ, так и на 2,9 % по Пензенской области [3].

Если рассматривать частоту различных видов ДТП, то ещё около десяти лет назад доля столкновений автомобилей в их общем количестве составляла 25–27 %, а самым распространённым видом ДТП был наезд на пешехода (40–43 % [3], (рис. 1)).

В настоящее время в связи с ростом интенсивности дорожного движения доля столкновений транспортных средств увеличилась до 42 % и продолжает расти. По сравнению с 2017 годом произошло увеличение на 0,3 % [3] (рис. 2).

С момента введения в Российской Федерации обязательного страхования автогражданской ответственности владельцев автотранспортных средств (ОСАГО) прошло 15 лет. Данный вид страхования занимает одно из лидирующих мест на рынке страховых услуг практически весь период своего существования. Деятельность страховых компаний регламентирует Федеральный закон от 25.04.2002 № 40-ФЗ (ред. от 18.12.2018) «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств» [4, с. 3].

При этом, примерно 15 % всех выплат по страховым случаям в ДТП происходят в результате предоставления недостоверных сведений с целью получения незаконной прибыли [5]. В связи с этим страховые случаи должны подвергаться тщательному расследованию.

Статья 159.5 УК РФ гласит «Мошенничество в сфере страхования, то есть хищение чужого имущества путём обмана относительно наступления страхового случая, а равно размера страхового возмещения, подлежащего выплате в соответствии с законом либо договором страхователю или иному лицу, – наказывается штрафом в размере до 120 000 рублей или в размере заработной платы или иного дохода осуждённого за период до одного года, либо обязательными работами на срок до 360 часов, либо исправительными работами на срок до одного года, либо ограничением свободы на срок до двух лет, либо принудительными работами на срок до двух лет, либо арестом на срок до четырёх месяцев» [6, с. 74].

Главными целями так называемых подставных ДТП являются: получение страховой выплаты при ДТП, которое иначе было бы признано «нестраховым» случаем; замена нетрезвого участника аварии до прибытия сотрудников автоинспекции; получение двойных выплат (от виновной стороны и от страховой компании); ремонт полученных ранее повреждений за счёт страховых выплат; замена неисправных деталей за счёт страховой компании; получение компенсации за угон по КАСКО и продажа машины по деталям. Очень часто в подставных ДТП участвуют машины премиум-класса: BMW, Porsche, Mercedes-Benz.

Инициаторами искусственно созданных дорожно-транспортных происшествий выступают сами автовладельцы и (или) мошенники-профессионалы, специализирующиеся на обмане страховых компаний. Иногда используются подставные автомобили с повреждениями.

В процессе любого автодорожного происшествия образуется множество следов. При столкновении между собой на автомобилях образуются не только деформации (вмятины), но и другие механические повреждения, такие как царапины, задиры и др. Транспортные средства, двигаясь по дороге, оставляют на ней различные следы: качения, юза, волочения и т.д. Каждый отдельно взятый след несёт в себе информацию о том, каким образом развивалось происшествие в конкретной фазе [7, с. 6–37; 8, с. 27–33].

Проблемами, связанными с установлением транспортного средства участника ДТП, его следов, параметров движения, и обеспечением безопасности дорожного движения в целом занимаются и зарубежные учёные [9, с. 5–25; 10, с. 267–276; 11, с. 633–642].

Исследование всей совокупности следов даёт представление о едином механизме дорожно-транспортного происшествия, отражающем последовательность всех его стадий, от начала до конца. Изучение следов аварии в целях расследования её причин и обстоятельств входит в предмет трасологической экспертизы при ДТП.



Рис. 3. Повреждения УАЗ-396259.

Круг вопросов, решаемых посредством проведения данной экспертизы, достаточно широк. В зависимости от исследуемых объектов, целей и задач экспертизы можно выделить три группы вопросов.

Первая группа вопросов направлена на определение групповой принадлежности автомототранспортных средств:

– к какому виду транспорта относятся следы, оставленные на месте происшествия?

– какой моделью шины оставлен след, изъятый с места дорожной аварии?

– принадлежат ли следы указанному виду транспортного средства?

– возможно ли соударение автомобилей А и В, исходя из формы, размеров и расположения следов на транспортных средствах?

Вторая группа вопросов применяется в целях установления целого по частям:

– являются ли повреждённые объекты деталей, обнаруженные на месте происшествия, частями конкретного транспортного средства?

– не являлись ли до дорожно-транспортного происшествия одним целым частицы краски (стекла, пластмассы), обнаруженные на месте аварии, и транспортные средства?

Третья группа вопросов связана с установлением конкретного автомототранспортного средства:

– принадлежат ли следы данному транспортному средству?

– одним или несколькими транспортными средствами оставлены следы?

– данной ли автомобильной шиной оставлены следы на месте происшествия [12, с. 37–46].

Нормативной базой для назначения и проведения трасологической экспертизы при ДТП являются процессуальные кодексы РФ.

Для иллюстрации эффективности такого рода экспертизы нами проанализирован случай, когда на основании исходных данных аварии методами трасологической экспертизы были проведены исследования по определению наличия или отсутствия



Рис. 4. Повреждения BMW.

соответствия механизма образования и характера повреждений автомобиля марки BMW обстоятельствам ДТП, произошедшего 08.12.2017 года в г. Пензе с участием автомобиля УАЗ-396259.

Для решения поставленного выше вопроса анализировались обстоятельства дорожно-транспортного происшествия, исследовались сведения о повреждениях на транспортных средствах – участниках ДТП.

Согласно сведениям ГИБДД, на автомобиле УАЗ-396259 после исследуемого ДТП имелись повреждения следующих элементов: нарушение лакокрасочного покрытия переднего бампера. На автомобиле BMW после исследуемого ДТП имелись повреждения следующих элементов: переднее и заднее правые крылья, передняя и задняя правые двери, правое зеркало заднего вида.

В ходе экспертного осмотра ТС было установлено, что на автомобилях-участниках ДТП имеются механические повреждения.

Наиболее выступающими элементами левой стороны кузова автомобиля УАЗ-396259 являются нижняя петля левой двери и желобок между передней панелью и проёмом левой двери. Нижняя петля имеет длину 6 см и расположена на расстоянии 64 см от поверхности дороги. Петля деформирована в направлении сзади вперёд. На желобке на расстояниях 102÷103 см и 82 см от поверхности дороги имеются деформации, образованные в направлении сзади вперед. На левой двери на расстояниях 102÷103 см и 82÷84 см от поверхности дороги имеются горизонтальные царапины, образованные в направлении сзади вперёд. На левой торцевой поверхности переднего бампера имеются потёртости ЛКП (рис. 3).

На автомобиле BMW наиболее выступающими частями с правой стороны являются правое зеркало и ручки правых дверей. Повреждения правого зеркала расположены на расстоянии 102 см от поверхности дороги. Повреждения представляют собой горизонтальные царапины длиной до 2,5 см на участке шириной около 1см, образованные в направлении спереди назад.

На передней правой двери следы начинаются в средней части двери на расстоя-



Рис. 5. Сопоставление ТС-участников ДТП.

нии 66÷72 см от поверхности дороги и представляют собой участок длиной 55 см и шириной 6 см с горизонтальными царапинами и наслоениями вещества светлого цвета, образованными в направлении спереди назад, и небольшим давлением в направлении справа налево с образованием вмятины в конце следа.

Повреждения на ручке передней правой двери расположены на высоте 81÷84 см от поверхности дороги и представляют собой горизонтальные царапины, образованные в направлении спереди назад с давлением к концу следа (на облицовке замка двери) в направлении справа налево с наслоением вещества светлого цвета.

Повреждения на задней правой двери являются продолжением повреждений на передней правой двери, начинаются в передней части двери на расстоянии 66÷72 см от поверхности дороги и представляют собой участок длиной 68 см и шириной 6 см с горизонтальными царапинами и наслоениями вещества светлого цвета, образованными в направлении спереди назад, и небольшим давлением в направлении справа налево с образованием вмятины на всей поверхности двери в месте расположения следа и разрывов металла в передней части.

Повреждения на ручке задней правой двери расположены на высоте около 86 см от поверхности дороги и представляют собой горизонтальные царапины длиной 2 см, образованные в направлении спереди назад с наслоением вещества светлого цвета.

Повреждения на правой боковине являются продолжением повреждений на задней правой двери, находятся на расстоянии 66÷72 см от поверхности дороги и представляют собой участок длиной 68 см и шириной 6 см с горизонтальными царапинами и наслоениями вещества светлого цвета, образованными в направлении спереди назад, и небольшим давлением в направлении справа налево с образованием вмятины преимущественно в передней части боковины и разрыва металла на высоте 68 см от поверхности дороги.

Повреждения на диске заднего правого колеса представляют собой горизонтальные царапины, образованные в направлении спереди назад (при положении колеса, когда зона повреждений находится сверху). Задний бампер имеет повреждения в виде царапин, расположенных на правой боковой поверхности.

Передний бампер имеет повреждения в виде отслаивания ЛКП на правой боковой поверхности в месте сопряжения с крылом и в виде царапин, расположенных на правом молдинге и поверхности бампера ниже молдинга.

Переднее правое крыло имеет повреждения в виде скола ЛКП в передней нижней части (рис. 4).

При сопоставлении ТС (рис. 5) было установлено, что повреждения на автомобилях частично совпадают по высоте относительно поверхности дороги и механизму образования. Были установлены пары взаимно контактирующих деталей [13, с. 3–51].

Повреждения на правом зеркале автомобиля BMW по расположению относительно поверхности дороги и механизму образования соответствуют повреждениям на левой двери и левом желобке автомобиля УАЗ-396259, расположенным на высоте 102÷103 см от поверхности дороги.

Повреждения на передней и задней правых дверях и правой боковине (заднем правом крыле) автомобиля BMW по расположению относительно поверхности дороги и механизму образования соответствуют повреждениям нижней петли левой двери автомобиля УАЗ-396259.

Повреждения на ручке передней правой двери (включая облицовку замка передней двери) и ручке задней правой двери автомобиля BMW по расположению относительно поверхности дороги и механизму образования соответствуют повреждениям на левой двери и левом желобке автомобиля УАЗ-396259, расположенным на высоте 82÷84 см от поверхности дороги.

Повреждения на диске заднего правого колеса автомобиля BMW по расположению относительно поверхности дороги и механизму образования соответствуют повреждениям на левой торцевой поверхности переднего бампера автомобиля УАЗ-396259.

Но вместе с тем повреждения на переднем бампере (включая молдинг), переднем правом крыле, заднем бампере автомобиля BMW не образуют пары взаимно контактирующих поверхностей с автомобилем УАЗ-396259, что позволяет сделать вывод о том, что данные повреждения не могли образоваться при исследуемом ДТП.

Таким образом, исследуемое ДТП произошло при следующих обстоятельствах:

• На автомобиле BMW повреждения расположены на правой стороне ТС и образованы в направлении спереди назад, справа налево.

• На автомобиле УАЗ-396259 повреждения расположены на левой стороне ТС и образованы в направлении сзади вперёд.

• Автомобиль УАЗ-396259 двигался справа от автомобиля BMW.

• Автомобиль BMW двигался быстрее, чем автомобиль УАЗ-396259.

• В момент столкновения ТС располагались под острым углом.

В результате проведённого трасологического исследования автомобилей участников дорожно-транспортного происшествия выявлено сочетание повреждений, полученных в результате ДТП, на которое ссылаются его участники, и повреждений, не соответствующих обстоятельствам. Таким образом, имеет место наличие признаков мошенничества с целью получения экономической выгоды водителем автомобиля BMW.

Значимость данной трасологической экспертизы для страховой компании заключается в том, что создана экспертная база для отделения обоснованных требований участников ДТП от не имеющих отношения к данному ДТП. При этом криминальный подтекст причин обращения участника ДТП по поводу возмещения ущерба, не имеющего отношения к данной аварии, не относится к задачам трасологической экспертизы.

Таким образом, трасологическая экспертиза является важным методом противодействия попыткам мошеннических действий в отношении получения незаконных выплат со стороны страховых компаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 октября 2013 г. № 864 «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013–2020 годах».

2. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 января 2018 г. № 1-р «Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы».

3. Показатели состояния безопасности дорожного движения. [Электронный ресурс]: http://stat.gibdd.ru. Доступ 15.03.2019.

4. Федеральный закон от 25.04.2002 № 40-ФЗ (ред. от 18.12.2018) «Об обязательном страховании гражданской ответственности владельцев транспортных средств».

5. Подставные ДТП для страховой: инсценировка и наказание. [Электронный ресурс]: http://zakon-auto.ru/dtp/podstavnye-dlya-strahovoj.php. Доступ 15.03.2019.

6. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 27.12.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 08.01.2019).

7. Транспортно-трасологическая экспертиза по делам о дорожно-транспортных происшествиях (диагностические исследования). – 1998. – Вып. 1, ВНИИСЭ. – 100 с.

8. Транспортно-трасологическая экспертиза по делам о дорожно-транспортных происшествиях (диагностические исследования). – 1988. – Вып. 2, ВНИИСЭ. – 120 с.

9. Байэтт Р., Уотс Р. Расследование дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт. – 1978. – 288 с.

10. Fleury D., Brenac T. Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies // Accident Analysis and Prevention. – 33 (2). – Elsevier. – 2001. – pp. 267–276.

11. Abdel-Aty M. A., Radwan A. E. Modeling traffic accident occurrence and involvement // Accident Analysis and Prevention. – 32 (5). – Elsevier. – 2000. – pp. 633–642.

12. Методическое пособие для экспертов, следователей и судей «Транспортно-трасологическаяэкспертизаподеламодорожно-транспортных происшествиях» (диагностические исследования). Часть 1, 2. – М.: ИЦ ИПК РФЦСЭ, 2006.

13. Обзорная информация. Вып. 5. «Классификация видов столкновения и экспертное определение места столкновения транспортных средств». – М., 1981. – 53 с.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-206-219

Importance of Trace Evidence Study in Determining Road Traffic Accident Circumstances in order to Prevent Insurance Fraud







Irina E. ILYINA **Maxim V. SERGEEV** **Ekaterina A. NELYUTSKOVA**

Ilyina, Irina E., *Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS), Penza, Russia.*
Sergeev, Maxim V., *ANO Penza Forensic Laboratory, Penza, Russia.*
Nelyutskova, Ekaterina A., *Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS), ANO Penza Forensic Laboratory, Penza, Russia.*

ABSTRACT

The authors, on the basis of analysis of growing motorization, particularly at the regional level (using the example of Penza region of the Russian Federation) confirm the urgency of the tasks of preserving life and health of road users, note changes in frequency of accidents of various origin, the positive role of insurance instruments in dealing with the consequences of road traffic accidents.

At the same time, fraud in the field of compulsory motor third party liability insurance (MTPL) is one of the most important and urgent issues for insurance companies. One of the most common schemes of fictitious accidents is an attempt to get repair or replacement of existing damage at the expense of the insurer. In this regard, the use of transport trace evidence examinations has become widespread.

It is this type of transport expertise that reliably and accurately determines conformity of damage to vehicles to the mechanism and circumstances of a road traffic accident. Trace evidence analysis is always assigned when it comes to currently notorious «staged crash». It is impossible to understand the nature of accidents associated with lane change by vehicles moving along the way without study of trace materials. Particularly many problems arise in a situation where both participants in the accident claim that they were moving without changing the direction of movement, and that was the opponent who made a maneuver of lane change not complying with the requirement of the road traffic rules of the Russian Federation on priorities in traffic movement.

As an example, the article presents an expert study of a road traffic accident that raised doubts about reliability of circumstances set out by policyholders.

Keywords: road transport, road traffic accident, insurance, insurance of vehicles, compulsory motor third party insurance, examination, transport trace evidence examination, damage to vehicles, staged accident, insurance fraud.

*Information about the authors:
Ilyina, Irina E. – Ph.D. (Eng), associate professor, head of the department of traffic management and safety of Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS), Penza, Russia, iie.1978@yandex.ru.
Sergeev, Maxim V. – mechanical engineering expert of ANO Penza Forensic Laboratory, Penza, Russia, sergeev654321@yandex.ru.
Nelyutskova, Ekaterina A. – Master student at Penza State University of Architecture and Construction (PGUAS), mechanical engineering expert of ANO Penza Forensic Laboratory, Penza, Russia, kate_170481@mail.ru.

Article received 18.03.2019, revised 17.06.2019, accepted 28.06.2019.

For the original Russian text of the article please see p. 206.

Introduction. Road transport is an integral part of everyday life. The development of the transport network, infrastructure, and the growth of motorization contribute to the increasing role of road transport in the transport system.

The growing urgency of tasks of preserving life and health of road users (thanks to increased discipline on the roads, quality of road infrastructure, traffic management, improvement of quality and efficiency of medical care for victims, etc.) and, as a consequence, of reduction of demographic and socio-economic damage from road accidents and their consequences, are consistent with the social priorities of the society.

This fully applies to the priorities of the socio-economic development of the Russian Federation in the long and medium term [1, 2].

The *objective* of the authors is to consider various features of trace evidence study of circumstances of a road traffic accident.

The authors use general scientific and engineering *methods*, comparative and statistical analysis, and particularly trace evidence analysis.

Results. According to official data 80,4 % of road traffic accidents occurred in the Russian Federation in 2018 due to violation of traffic rules by car drivers. In Penza region, this figure is of 82,2 %. It is worth noting an increase by 3,3 % in the number of accidents caused by drivers of vehicles, and, in particular, through the fault of drivers of passenger cars in the Russian Federation as a whole and by 2,9 % in Penza region [3].

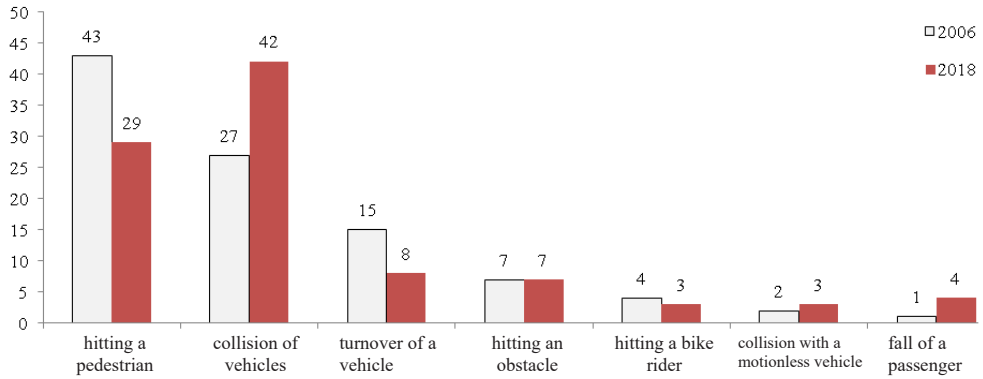
If we consider frequency of various types of road traffic accidents (RTA), then about ten years ago the part of collisions of cars in all types of RTA was of 25–27 %, and the most common type of accident was hitting a pedestrian (40–43 %) [3] (Pic. 1).

Currently, due to the increase in traffic intensity, the number of collisions of vehicles has increased to attain 42 % and continues to grow. Compared with the previous year 2017, there was an increase by 0,3 % [3] (Pic. 2).

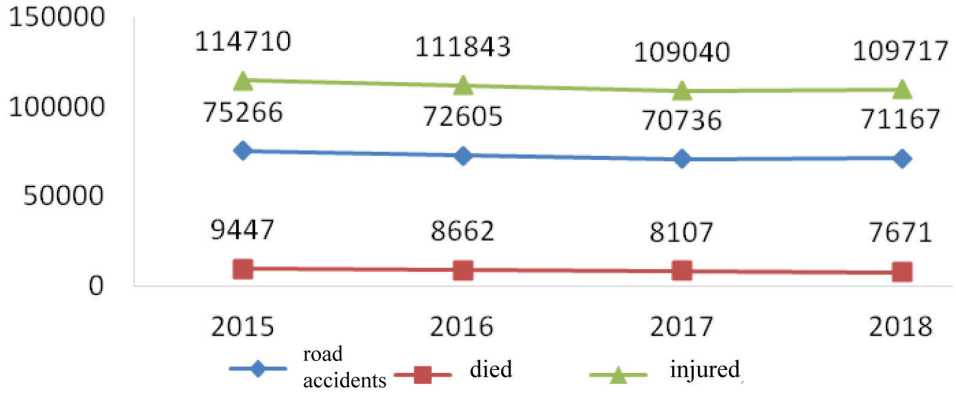
15 years have passed since introduction in the Russian Federation of compulsory motor third party liability insurance of motor vehicle owners (MTPL). This type of insurance occupies one of the leading places in the insurance market for almost the entire period of its existence. The activities of insurance companies are regulated by the Federal Law No. 40-FZ dated April 25, 2002 (as amended on December 18, 2017) «On compulsory insurance of civil liability of vehicle owners» [4, p. 3].

At the same time, approximately 15 % of all payments in terms of satisfying insurance claims in road accidents occur as a result of providing false information in order to obtain illegal profits [5]. In this regard, insurance claims must be thoroughly investigated.

Article 159.5 of the Criminal Code of the Russian Federation states «Insurance fraud, that is, theft of another's property by deception regarding the occurrence of an insured event, as well as the amount of insurance compensation payable in accordance with law or contract to the insured or other person, is punishable by a fine in the amount of up to one hundred twenty thousand rubles or in the amount of salary or other income of the convicted person for a period of up to one year, or compulsory work for up to three hundred sixty hours, or correctional work for up to one year, or



Pic. 1. Comparative analysis of the number of road accidents by type (2006 and 2018) in the Russian Federation, %.



Pic. 2. Road accidents and injured from collisions of vehicles in the Russian Federation.

restriction of freedom for up to two years, or compulsory labour for up to two years, or imprisonment for up to four months» [6, p. 74].

The main objectives of the so-called staged accidents are: receiving insurance payment in case of an accident that would otherwise be recognized as a «non-insured» event; replacement of a drunken participant in the accident before arrival of traffic police officers; receiving double payments (from the guilty party and from the insurance company); repair of damage received earlier at the account of insurance payments; replacement of faulty parts at the expense of the insurance company; receipt of compensation for hijacking covered by the hull insurance and sale of the car by parts. Very often, premium cars participate in staged accidents: namely of BMW, Porsche, Mercedes-Benz brands.

The initiators of artificially created road traffic accidents are the car owners themselves and (or) professional fraudsters who specialize in deceiving insurance companies. Sometimes the fraudsters use front cars with damage.

In the course of any road accident, many traces are formed. When cars are colliding with each other, not only deformations (dents), but also other mechanical damages, such as scratches, burrs etc., are formed on cars. Vehicles, moving on the road, leave different traces on it: of rolling, skidding, dragging, etc. Each single trace carries information about how the accident developed in a particular phase [7, pp. 6–37; 8, pp. 27–33].

The problems associated with identification of a vehicle of an accident participant, its traces' tracks, traffic parameters, and with ensuring road safety in general are also researched by foreign scientists [9, pp. 5–25; 10, pp. 267–276; 11, pp. 633–642].

The study of the entire set of traces, gives an idea of a single accident mechanism, reflecting the sequence of all its stages, from the beginning to the end. The study of traces of the accident, in order to investigate its causes and circumstances, is included in the subject matter of trace evidence analysis of a road accident.

The range of issues resolved through this examination is quite wide. Depending on the objects studied, the goals and objectives of the examination, there are three groups of issues.

The first group of questions is aimed at determining the group identity of motor vehicles:

- what type of transport do traces left on the scene belong to?
- which tire model did leave a trace taken from the accident site?
- do traces belong to the specified type of vehicle?
- was the collision of cars A and B possible considering the shape, size and location of traces on vehicles?

The second group of questions is used in order to identify (to integrate) the whole by parts:

- are the damaged objects of the parts, found on the scene of the accident, parts of a particular vehicle?
- were the particles of paint (glass, plastic) found at the scene of the accident and the vehicles a single whole before the accident?







Pic. 3. Damage to UAZ-396259 car.

The third group of questions is related to identification of a specific motor vehicle:

- do traces belong to this vehicle?
- did one or more vehicles leave traces?
- whether this car tire left traces at the scene of the accident [12, pp. 37–46].

The regulatory framework for assigning and performance of trace evidence examination in case of an accident is based on the procedural codes of the Russian Federation.

To illustrate the effectiveness of this kind of examination, we analyzed the case when, based on the source data of the accident, and using methods of trace evidence examination, studies were conducted to determine whether or not the mechanism of formation and the nature of the damage to the BMW car corresponded to the circumstances of the accident that occurred on 08.12.2017 in Penza with participation of UAZ-396259 car.

To address the above question, the circumstances of the accident were analyzed, information about the damage to vehicles participated in the accident was investigated.

According to traffic police report, the UAZ-396259 car after the accident had damages of the following elements: disturbance of the paint coating of the front bumper.

The BMW car after the accident had damages of the following elements: front and rear right fenders, front and rear right doors, right rear-view mirror.

During the expert inspection of the vehicles, it was found that there are mechanical damages on the vehicles participated in the accident.

The most forward elements of the left side of UAZ-396259 are the lower hinge of the left door and the groove between the front panel and the opening of the left door. The lower hinge has a length of 6 cm and is located at a distance of 64 cm from the road surface. The hinge is deformed in the direction from behind to the front. On the groove at distances of 102÷103 cm and 82 cm from the road surface there are deformations formed in the rear-to-front direction. On the left door at distances of 102÷103 cm and 82÷84 cm from the road surface there are horizontal scratches formed in the direction from behind to the front. On the left front surface of the front bumper there is worn paint coating (Pic. 3).

On the BMW car, the most forward parts on the right side are the right mirror and the



Pic. 4. Damage to the BMW car.

handles of the right doors. Damage to the right mirror is located at a distance of 102 cm from the road surface. Damages are horizontal scratches up to 2,5 cm in length on a section about 1 cm wide, formed in the direction from front to back.

Traces on the front right door start in the middle of the door at a distance of 66÷72 cm from the road surface and represent a section 55 cm long and 6 cm wide with horizontal scratches and layers of light-colored substance formed from front to back, and slight pressure in the direction of right to left with formation of a dent at the end of the trace.

Damages on the front right door handle are located at a height of 81÷84 cm from the road surface and are horizontal scratches formed from front to back with pressure to the end of the trace (on the lining of the door lock) from right to left with a layering of light colored substance.

Damage to the rear right door is a continuation of the damage to the front right door, and starts at the front of the door at a distance of 66÷72 cm from the road surface and is a section 68 cm long and 6 cm wide with horizontal scratches and layers of light colored substance formed in the direction from front



Pic. 5. Comparison of damage to the vehicles.

to back, and a slight pressure in the direction from right to left with formation of a dent on the entire surface of the door at the location of the trace and gaps in the metal in the front.

Damage to the handle of the rear right door is located at a height of about 86 cm from the road surface and represents horizontal scratches 2 cm long, formed in the direction from front to back with a layering of light-colored substance.

Damage on the right sidewall is a continuation of the damage on the rear right door, 66÷72 cm from the road surface and represents a section 68 cm long and 6 cm wide with horizontal scratches and layers of light-colored substance formed in the direction from front to back and small pressure in the direction from right to left with formation of dents mainly in the front of the sidewall and rupture of the metal at a height of 68 cm from the road surface.

Damage to the rear right wheel disc represents horizontal scratches formed in the direction from front to back (when the wheel is in the position that the damage zone is on top). The rear bumper has damage in the form of scratches located on the right side surface.

The front bumper has damage in the form of flaking paint coating on the right side surface at the interface with the fender and in the form of scratches located on the right molding and the surface of the bumper below the molding.

The front right fender is damaged in the form of paint coating split in the front lower part (Pic. 4).

When comparing vehicles (Pic. 5), it was found that the damages on cars partially coincide in height relative to the road surface and the mechanism of formation. The pairs of mutually contacting parts were established [13, pp. 3–51].

The damage to the right mirror of BMW in terms of location relative to the road surface and the mechanism of formation corresponds to damage to the left door and left groove of UAZ-396259, located at a height of 102÷103 cm from the road surface.

The damages to the front and rear right doors and the right sidewall (rear right fender) of BMW in terms of location relative to the road surface and the formation mechanism correspond to damage to the lower hinge of the left door of UAZ-396259.

The damages to the front and rear right doors and the right sidewall (rear right fender) of BMW in terms of location relative to the road surface and the formation mechanism correspond to damage to the lower hinge of the left door of UAZ-396259.

The damages to the front right door handle (including the front door lock lining) and the rear right door handle of BMW car in terms of

location relative to the road surface and the formation mechanism correspond to the damage to the left door and the left groove of UAZ-396259 located 82÷84 cm above the road surface.

The damages on the disc of the rear right wheel of BMW in terms of location relative to the road surface and the mechanism of formation correspond to the damages to the left front surface of the front bumper of UAZ-396259.

But at the same time, damages to the front bumper (including molding), front right fender, rear bumper of BMW car do not form a pair of mutually contacting surfaces with UAZ-396259, which allows to conclude that it is not possible that those damages have been formed during the road accident.

Thus, the investigated road traffic accident occurred under the following circumstances:

• On the BMW car, damaged areas are located on the right side of the vehicle and are formed from front to back, from right to left.

• On the UAZ-396259 car, the damaged areas are located on the left side of the vehicle and are formed in the direction from behind to the front.

• The UAZ-396259 car was moving to the right of the BMW car.

• The BMW car was moving faster than the UAZ-396259 car.

• At the time of the collision, vehicles were located at an acute angle.

Conclusion. As a result of the trace evidence study of cars participated in the road traffic accident, a combination of damages resulting from an accident, to which its participants refer to, as well as damages that do not correspond to the circumstances of RTA were revealed. Thus, there are signs of fraud in order to obtain economic benefits from the part of the driver of the BMW car.

The significance of this trace evidence examination for an insurance company focuses on the fact that an expert base has been created to separate the reasonable claims of the road accident's participants from the claims that are not related to this road accident. At the same time, the criminal subtext of the reasons of the accident participant's claiming for compensation for damage that is not related to this accident does not refer to the tasks of the trace evidence examination.

Thus, trace evidence examination is an important method of countering attempts to commit fraudulent acts in relation to the receipt of illegal payments by insurance companies.

REFERENCES

1. Decree of the Government of the Russian Federation of October 3, 2013 No. 864 «On the federal target program «Improving road traffic safety in 2013–2020» [*Postanovlenie Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 3 oktyabry 2013 No. 864 «O federalnoi tselevoi programme «Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2013–2020 godakh»*].

2. Order of the Government of the Russian Federation dated January 8, 2018 No. 1-r on «Road safety strategy in the Russian Federation for 2018–2024» [*Rasporyazhenie Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 8 yanvarya 2018 No. 1-r Moskva «Stretagiya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiiskoi FEderatsii na 2018–2024 gody»*].

3. Indicators of the state of road safety [*Pokazateli sostoyaniya bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya*]. [Electronic resource]: http://stat.gibdd.ru/ Last accessed 15.03.2019.

4. Federal Law of April 25, 2002 No. 40-FZ (as amended on December 18, 2017) «On mandatory insurance of civil liability of vehicle owners» [*Federalniy zakon ot 25.04.2002 No. 40-FZ (red. ot 18.12.2018) «Ob obyazatelnom strakhovanii grazhdanskoi otvetstvennosti vladeltsev transportnykh sredstv»*].

5. Dummy road accidents for insurance company: staging and punishment [*Podstavnie DTP dlya strakhovoi: instsenirovka i nakazanie*]. [Electronic resource]: http://zakon-auto.ru/dtp/podstavnye-dlya-strahovoj.php. Last accessed 15.03.2019.

6. Criminal Code of the Russian Federation No. 63-FZ of June 13, 1996 (as amended on December 27, 2017) (as amended and added, entered into force on January 8, 2019) [*Ugolovniy kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 13.06.1996 No. 63-FZ (red. ot 27.12.2018) (s izm. i dop., vstup. v silu s 08.01.2019)*].

7. Transport trace evidence examination in cases of road accidents (diagnostic studies) [*Transportno-trasologicheskaya ekspertiza po delam o dorozhno-transportnykh proisshestviyakh (diagnosticheskie issledovaniya)*]. VNIISE, 1998, Iss. 1, 100 p.

8. Transport trace evidence examination in cases of road accidents (diagnostic studies) [*Transportno-trasologicheskaya ekspertiza po delam o dorozhno-transportnykh proisshestviyakh (diagnosticheskie issledovaniya)*]. VNIISE, 1988, Iss. 2, 120 p.

9. Byatt, R., Watts, R. Investigation of road accidents [Russian title: *Rassledovanie dorozhno-transportnykh proisshestvii*]. Moscow, Transport publ., 1978, 288 p.

10. Fleury, D., Brenac, T. Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. *Accident Analysis and Prevention*, 33 (2), Elsevier, 2001, pp. 267–276.

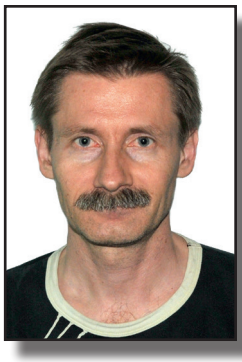
11. Abdel-Aty, M. A., Radwan, A. E. Modeling traffic accident occurrence and involvement. *Accident Analysis and Prevention*, 32 (5), Elsevier, 2000, pp. 633–642.

12. The methodological guide for experts, investigators and judges «Transport-trace evidence examination in cases of road accidents» (diagnostic studies). Part 1, 2 [*Metodicheskoe posobie dlya ekspertov, sledovatelei i sudei «Transportno-trasologicheskaya ekspertiza po delam o dorozhno-transportnykh proisshestviyakh» (diagnosticheskie issledovaniya). Chast' 1,2*]. Moscow, IC IPK RFCSE publ., 2006.

13. Survey information. Issue 5. «Classification of types of collisions and determination of the place of collision of vehicles by experts» [*Obzornaya informatsiya. Vyp. 5. «Klassifikatsiya vidov stolknoveniya i ekspertnoe opredelenie mesta stolknoveniya transportnykh sredstv»*]. Moscow, 1981, 53 p.

УДК 629.33.017
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-220-231

Влияние автомобилей с ДВС и электромобилей на окружающую среду: сравнение и оценка факторов воздействия





Виталий ГАЕВСКИЙ **Ирина ОДИНОКОВА**

Гаевский Виталий Валентинович *– Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия.*
Одинокова Ирина Вячеславовна *– Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия*.*

В 2017 году количество эксплуатируемых в мире автотранспортных средств превысило 1,5 млрд единиц. Автомобилизация создала серьёзные проблемы для безопасности окружающей среды, жизни и здоровья людей.

В статье рассматриваются различные факторы влияния автомобилизации на состояние окружающей среды.

До последнего времени основным значимым фактором загрязнения окружающей среды считались вредные выбросы транспортных средств. Вследствие осуществления технической политики по реализации экологических норм EURO, «центр тяжести» в проблемах повышения экологической безопасности транспортных средств перемещается в направлении минимизации поступающего в окружающую среду тепла, выделяемого двигателями автотранспортных средств.

Наибольший практический интерес представляет рекуперация энергии, расходуемой на тягу, что повышает энергоэффективность автомобильного транспорта при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду.

Сравнительная оценка автомобилей с ДВС и электромобилей показала, что общее негативное влияние сопоставляемых транспортных средств на окружающую среду в настоящее время различается незначительно. Необходимо продолжение исследований и выполнения опытно-конструкторских разработок в области проблем рекуперации энергии.

Ключевые слова: гибридные автомобили, электромобили, рекуперация энергии, экономичность автомобилей, КПД, утилизация, эффективность, окружающая среда, литий-ионные батареи.

---

*Координаты авторов:
Гаевский Виталий Валентинович – доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, vit-life@rambler.ru.
Одинокова Ирина Вячеславовна – кандидат технических наук, доцент кафедры деталей машин и теории механизмов Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия, odinokova_iv@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 12.01.2019, актуализирована 08.06.2019, принята к публикации 21.06.2019.

For the English text of the article please see p. 226.

ВВЕДЕНИЕ

За последние годы произошёл скачок количества средств авто- и мототранспорта на Земле. Число автомобилей превысило 1 млрд единиц ещё в 2010 году. За последующие 4 года прирост автомобилей составил ещё около 330 млн единиц. В настоящее время в мире насчитывается порядка 1,5 млрд единиц автотранспортных средств, и столько же мототранспортных средств.

Если рассматривать количество автомобилей, приходящееся на 1000 жителей в наиболее автомобилизированных странах (Монако, США, Австралия), то в них приходится по одному автомобилю практически на каждого жителя (рис. 1). В России, занимающей 52 место в мире по числу автомобилей на 1000 жителей, один автомобиль приходится в среднем на 3,5 человека.

Автомобилизация стала значимым явлением, влияющим на различные аспекты глобального устойчивого развития: социальные, экономические, экологические и др. Она имеет как позитивные, так и негативные последствия. При этом технологические изменения и создание инновационных технических средств автомобильного транспорта, в том числе, электромобилей, транспортных средств с гибридными двигателями, обладая важными позитивными качествами, требуют, по мере осмысления опыта их эксплуатации всесторонней и взвешенной переоценки последствий их воздействия на окружающую среду, особенно в сравнении с традиционными автомобилями с двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

Целями исследования являются оценка общих позитивных и негативных последствий глобальной автомобилизации, сравнительный анализ факторов воздействия на окружающую среду автомобилей с ДВС и электрическими двигателями, а также выявление технологических решений, способствующих минимизации негативных факторов указанного воздействия с точки зрения энергоэффективности и сохранения окружающей среды.

В ходе исследования использовались физико-математические *методы*, инструменты статистического анализа, научный инструментарий технических наук, в частности, электротехники, сравнительный анализ и изучение имеющегося опыта.

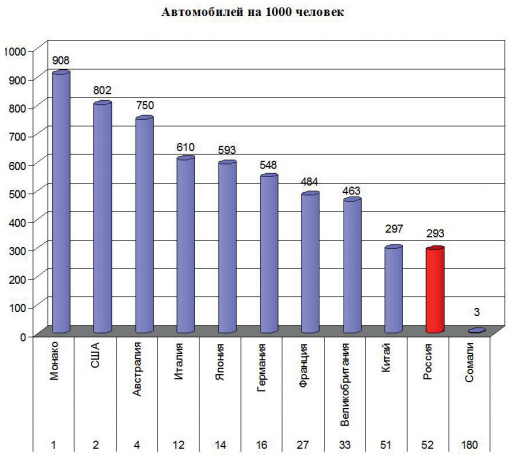


Рис. 1. Количество автомобилей на 1000 человек в некоторых странах мира [https://knoema.ru/atlas/topics].

1. ПОЗИТИВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

Легковой автомобиль наиболее привлекателен для людей как средство совершения ежедневных поездок, во-первых, по своим техническим возможностям, во-вторых, ввиду способности удовлетворять в наибольшей степени индивидуальные запросы каждого пользователя. В местностях с тёплым климатом альтернативой автомобиля может служить мотоцикл. Вследствие этого автомобили и мотоциклы стали самыми востребованными транспортными средствами в мире. Автомобилизация продолжается, что позволяет считать её тенденцией развития техносферы на обозримую перспективу.

Массовая автомобилизация привела к существенным позитивным социальным последствиям, таким как:

- рост мобильности, то есть возможности совершить поездки и перевозки грузов быстро, комфортно и эффективно;
- повышение доступности и удобства совершения поездок пассажиров и перевозок грузов;
- уменьшение затрат времени на поездки пассажиров и ускорению перевозок грузов;
- обеспечение занятости значительной части населения.

Указанные факторы способствуют экономическому росту, специализации и ко-

оперированию труда, стимулированию научно-технического прогресса и развитию промышленных технологий, что, в свою очередь, обеспечивает расширение налоговой базы [1].

Вместе с этим автомобилизация влечёт и негативные последствия.

2. НЕГАТИВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ

Одним из наиболее негативных последствий автомобилизации являются дорожно-транспортные происшествия (ДТП). На международном уровне обобщением данных о дорожно-транспортной аварийности и её негативных последствиях для жизни и здоровья людей занимается Всемирная организация здравоохранения – ВОЗ (*World Health Organization*), публикующая с периодичностью 3–5 лет доклады о безопасности дорожного движения в мире (*Global Status Report on Road Safety*), а также Всемирный банк, публикующий отчёты *Mortality caused by road traffic injury (per 100,000 people)*. По данным доклада ВОЗ за 2018 г. ежегодно в мире вследствие ДПТ погибает более 1,35 млн чел. Россия по уровню риска гибели граждан в ДПТ занимает 72 место (из 175 сопоставляемых стран). Этот риск оценивается числом погибших в ДПТ в расчёте на 100 тыс. чел. населения (Россия – 18 чел./100 тыс. жителей). Лидерами рейтинга безопасности дорожного движения являются западноевропейские государства (в первую очередь – скандинавские страны). Абсолютное же лидерство принадлежит Сан-Марино – ноль погибших в ДПТ людей. Высокая смертность в результате ДПТ коррелирует с уровнем бедности, социальной отсталостью, некачественными дорогами, отсутствием должного медицинского обеспечения [2].

По данным Научного центра безопасности дорожного движения МВД РФ в 2018 г. на дорожной сети страны произошло 168 тыс. дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых погибли 18,2 тыс. чел. и ещё 214,9 тыс. чел. получили ранения различной степени тяжести. Каждое девятое ДТП было со смертельным исходом.

К сожалению, в статистику жертв автомобилизации не попадают данные о погибших от воздействия угарного газа, о возросшем количестве онкобольных из-за увеличившегося уровня канцерогенных веществ, выбрасываемых в атмосферу движущимися транспортными средствами (ТС).

Автомобилестроение, ускоренно развивающееся в интересах автомобилизации, требует использования значительного объёма природных ресурсов. Автомобилизация, опережающая развитие транспортной инфраструктуры (в первую очередь – дорожно-транспортной сети и парковок в городах), приводит к появлению транспортных заторов. Снижение скорости движения вследствие заторов требует увеличения числа эксплуатируемых транспортных средств для обеспечения перевозок. Увеличение количества автомобилей приводит к повышению различных выбросов, в том числе парниковых газов, тепла, росту объёмов продуктов износа шин и тормозных механизмов. Существенно обострились в настоящее время проблемы утилизации отходов автотранспортной деятельности и транспортного машиностроения.

Снижение нагрузки на окружающую среду от автомобилизации связывается с использованием электромобилей и автомобилей, оснащённых гибридными силовыми установками. Такие ожидания исходят исключительно из оценки уменьшения выбросов вредных веществ в атмосферу.

Однако, указывая на использование электротяги, обычно забывают, что электрическая энергия, потребляемая электромобилями, где-то вырабатывается. При этом на окружающую среду всё равно оказывается вредное воздействие, причём точечное. Правда, генераторы электростанций в расчёте на единицу производимой энергии создают меньший экологический вред, по сравнению с ДВС, поскольку работают не в переходных, а в постоянных режимах, и сами имеют высокий КПД.

В итоге, если рассматривать два принципиально разных типа ТС: электромобиль и автомобиль с ДВС по совокупности факторов, то оказывается, что негативное влияние от них примерно одинаково.

С одной стороны, автомобили с ДВС поставляют в атмосферу вредные выбросы парниковых газов. Но, согласно современным нормам Евро 6, эти выбросы сведены к минимуму. С другой стороны, электромобили, казалось бы, экологически безвредные, имеют в своём составе Li батареи, которые очень опасны для окружающей среды и плохо поддаются утилизации. Если рассматривать электромобили как массовые средства транспорта, то через несколько лет их эксплуатации появятся серьёзные проблемы с утилизацией большого количества аккумуляторных Li батарей (таблица 1) [2, 4–7].

Вместе с тем, все автомобили, независимо от конструкции их двигателей, создают общие проблемы с утилизацией отработанных шин; пластиков; масел и других эксплуатационных жидкостей, а также рассеиванием в окружающей среде выделяемого при работе тепла.

Таблица 1

Содержание экологически опасных материалов и жидкостей в составе легкового автомобиля (полужирным шрифтом выделены характеристики литиевых аккумуляторов)

Материал	Масса, кг	Доля от общей массы, %
Чёрные металлы	626	55,9
Алюминий Al	52	4,6
Хром Cr	1	0,07
Медь Cu	10	0,9
Цинк Zn	0,2	0,02
Свинец Pb	12	1
Литий Li	**300–700**	**20–50**
Масла	10	0,9
Бензин	5	0,4
Этиленгликоль	3	0,3
Резина	66	5,9
Стекло	32	2,9
Пластмассы и прочее	303,6	27,1
Итого	1120,8	100

3. ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ: ПОСТАНОВКА ВОПРОСА И ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ

Для всех ТС имеются общие проблемы потери энергии при торможении, поскольку **каждое торможение – это перевод кинетической энергии движения ТС в тепло.**

Выполним приблизительный расчёт эмиссии тепла, ежедневно поступающего от всех автомобилей в атмосферу планеты вследствие торможения и рассеиваемого в ней. Для расчётов будем использовать следующие исходные данные:

- число эксплуатируемых автомобилей – 1 млрд ед. (A = 1000000000 ед.);
- средняя условно-расчётная скорость движения автомобиля – 57 км/ч (V = 16 М/с);
- число торможений с полной скорости движения за 1 ч работы – n = 18 ед.;
- средняя расчётная продолжительность пребывания автомобиля в движении за рабочий день – T = 3 ч;
- средняя условно-расчётная масса одного автомобиля (получена авторами путём экспертных оценок с учётом доли в автомобильном парке подвижного состава различных типов и полной массы) – 3 т (M = 3000 кг).

При каждом торможении с условно-расчётной скорости до полного прекращения движения в тормозных механизмах каждого автомобиля будет накапливаться, а затем и рассеиваться в атмосфере тепловая энергия Q, равная трансформируемой кинетической энергии автомобиля в движении и определяемая по известной из физики формуле:

$Q = (M \cdot V^2) : 2 = 3000 \cdot 16^2 : 2 = 384\,000$ Дж = 284 кДж.

За сутки один автомобиль произведёт тепловую эмиссию $Q_{сут.}$ в размере:

$Q_{сут.} = Q \cdot T \cdot n = 284 \cdot 3 \cdot 18 = 15\,336$ кДж.

Суммарная тепловая эмиссия $Q_{сум.}$ от всех автомобилей за сутки их работы на линии составит:

$Q_{сум.} = Q_{сут.} \cdot A = 15\,336\,000\,000\,000$ кДж = 15 336 тДж.

Для сравнения, все АЭС России в 2018 году по данным Росатома выработали 204,3 млрд кВт • ч электроэнергии, или около 11 % всей произведённой в стране электроэнергии*. Принимая для простоты сравнения выработку электроэнергии постоянной в различные дни года, ежедневно на АЭС России производилось 204,3:365 = 0,6 млрд кВт • ч электроэнергии, или 2160 тДж.

* Госкорпорация «Росатом»: ядерные технологии, атомная энергетика, АЭС, ядерная медицина. [Электронный ресурс]: http:// www.rosatom.ru. Дата обращения 24 февраля 2019 г.

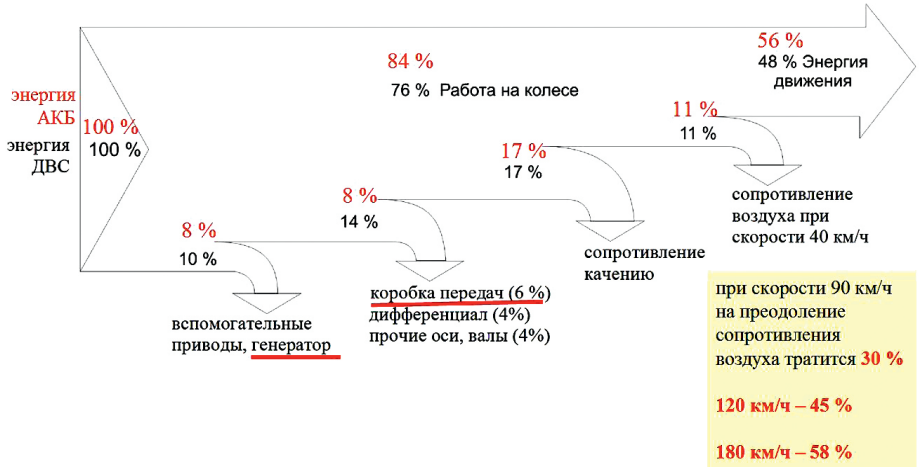


Рис. 2. Энергобаланс обычного автомобиля и электромобиля без рекуперации энергии движения: подчёркнуты агрегаты, которые отсутствуют у электромобиля [8].

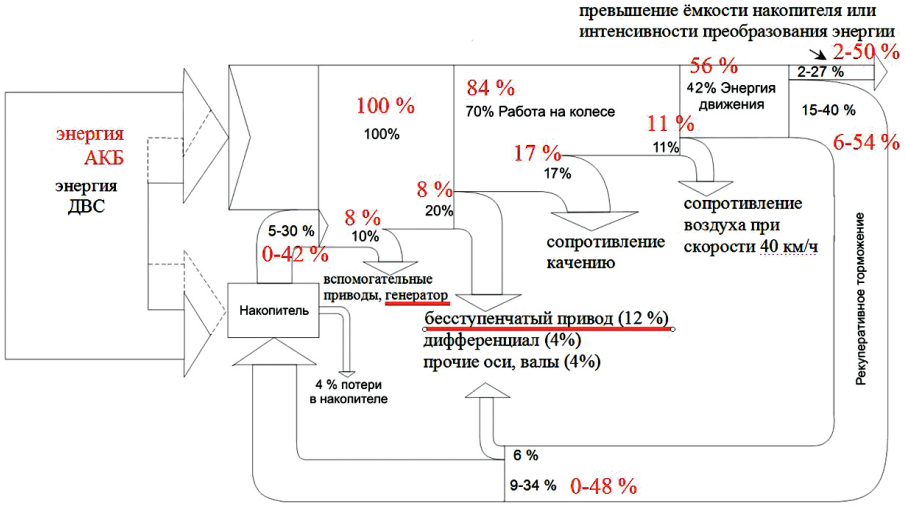


Рис. 3. Энергобаланс автомобиля с ДВС и электромобиля с рекуперацией энергии движения: подчёркнуты агрегаты, которые отсутствуют у электромобиля.

Представленные данные свидетельствуют о значительной тепловой эмиссии, поступающей в атмосферу от автотранспортных средств.

Исходя из вышесказанного, на наш взгляд, в настоящее время на первый план выходит проблема полезного использования кинетической энергии, которая теряется при каждом торможении. То, на что ещё 10 лет назад не обращали внимания из-за других серьёзных проблем, сейчас становится весьма существенной причиной вредных воздействий на окружающую среду.

Если человечество научится рекуперировать энергию движения автомобиля, то есть накапливать её при торможении и повторно использовать при разгоне, то только одна эта мера решит многие проблемы, от снижения потребности в топливе на тягу до снижения парникового эффекта.

Ниже представлен энергобаланс автомобиля с ДВС и электромобиля – без рекуперации энергии (рис. 2) и с рекуперацией (рис. 3) [8].

Из рис. 2 и 3 следует, что при каждом торможении теряется до половины выработанной двигателем энергии – это та часть вырабатываемой энергии, которую можно повторно использовать [9–15]. Однако не стоит забывать, что процентные оценки возможной рекуперации верны только на скоростях движения до 40 км/ч. При уве-

личении скорости всё больше энергии безвозвратно тратится на преодоление воздушного сопротивления движению ТС.

ВЫВОДЫ

Автомобилизация сопряжена с необходимостью решения ряда порождённых ею проблем. Наиболее существенной проблемой остаётся снижение размера экологического ущерба от эксплуатации автомобилей. Современные модели автомобилей с ДВС обладают существенно меньшими выбросами парниковых газов вследствие использования при их конструировании и производстве инновационных технологий. Среди различных факторов, определяющих загрязнение автомобилями окружающей среды, выдвигается эмиссия в атмосферу тепла, рассеиваемого тормозными механизмами транспортных средств.

Наиболее перспективным направлением сокращения тепловой эмиссии с бортов автомобилей является рекуперация кинетической энергии, превращаемой тормозными механизмами в тепло, рассеиваемое в атмосфере.

Известные технические решения сводятся либо к замене автомобилей с ДВС электромобилями, либо к применению систем рекуперации энергии торможения. В том числе, практически начинают применяться автомобили с гибридными силовыми установками.

Применение гибридной силовой установки (более одного источника энергии для движения) в автомобиле совместно с рекуперацией энергии является наиболее перспективным развитием его конструкции и, в случае удачной реализации концепции, приведёт к экономии расхода топлива, снижению выбросов в атмосферу, минимизации парникового эффекта при сохранении и даже увеличении автономности хода – пробега транспортного средства на одной заправке энергоносителем, размещаемым на его борту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А. М., Солнцев А. Н., Гаевский В. В. и др. Основы конструкции современного автомобиля: Учебник / 2-е изд., испр. и доп. – М.: Инжиниринговый научно-образовательный центр «СМАРТ», 2017. – 348 с.

2. Global Status Report on Road Safety. [Электронный ресурс]: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/. Доступ 21.06.2019.

3. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 12 месяцев 2018 года. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2019. – 18 с.

4. КПД двигателя внутреннего сгорания. [Электронный ресурс]: http://avto-blogger.ru/texchast/kpd-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya.html. Доступ 21.06.2019.

5. Гришаева Ю. М., Матанцева О. Ю., Спирин И. В., Савосина М. И., Ткачева З. Н., Васин Д. В. Устойчивое развитие транспорта в городах России: опыт и актуальные задачи // Юг России: экология, развитие. – 2018. – № 4. – С. 24–46. DOI: 10.18470/1992–1098–2018–4–24–46

6. Кругликов С. С. Применение электромембранных процессов в технологии электрохимического хромирования // Мембраны и мембранные технологии. – 2016. – № 3. – С. 305–312.

7. Kruglikov S. S., Kolesnikov V. A., Brodski V. A., Gubin A. F., Nekrasova N. E., Kruglikova E. S. Regeneration of process solutions and purification of water in reclaim tanks through immersed electrochemical modules. *Galvanotachnik*. – 2018. Vol. 109. No. 2. – pp. 246–252. DOI: 10.12850/ISSN2196–0267.JEPTXXX.

8. Сайкин А. М., Тер-Мкртичьян Г. Г., Переладов А. С. и др. Экологические проблемы современных транспортных средств, в том числе электромобилей // Вестник машиностроения. – 2017. – № 2. – С. 84–87.

9. Карпухин К. Е., Биксалеев Р. Ш., Климов А. В., Оспанбеков Б. К. Об аспектах безопасности тяговых аккумуляторных батарей электрифицированных транспортных средств. Анализ факторов, влияющих на ресурс и некоторые методы его оценки // Журнал Автомобильных инженеров. – 2017. – № 6. – С. 26–29.

10. Колбасов А. Ф., Карпухин К. Е., Дебелов В. В. Исследование инфраструктуры для личного электротранспорта: актуальные проблемы, варианты решений // Журнал Автомобильных инженеров. – 2017. – № 2. – С. 36–45.

11. Иванов А. М., Нарбут А. Н., Паршин А. С., Солнцев А. Н., Гаевский В. В. Автомобили: Теория эксплуатационных свойств: Учебник для студ. учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2014. – 176 с.

12. Гаевский В. В., Одинокова И. В. Электромобиль против гибридного автомобиля // Автомобильная промышленность. – 2017. – № 9. – С. 10–13.

13. Гаевский В. В., Литвиненко Р. В., Борисевич В. Б. Гибридные системы для одноколейных транспортных средств // Вестник МАДИ. – 2017. – № 3. – С. 16–19.

14. Гаевский В. В., Фёдорова Т. Д. Альтернативные источники энергии на автотранспортных средствах, краткая история и перспективы использования в качестве рекуператоров // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 6. – С. 47–49.

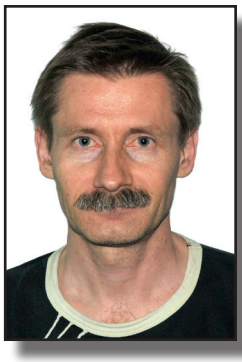
15. Одинокова И. В. Метод определения экологической эффективности наземных транспортных средств // Строительные и дорожные машины. – 2016. – № 2. – С. 34–39.

16. Shadrin S. S., Ivanov A. M. Algorithm of autonomous vehicle steering system control law estimation while the desired trajectory driving. *Journal of Engineering and Applied Sciences*. – 2016. – Vol. 11. – Iss. 15. – pp. 9312–9316.

17. Bartlomiejczyk M. Modern Technologies in Energy Demand Reducing of Public Transport – Practical Applications // Proceedings of 2017 Zooming Innovation in Consumer Electronics International Conference (ZINC). – Novi Sad, Serbia. – IEEE. – May-June. – 2017. – pp. 64–69.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-220-231

Environmental Impact of ICE Vehicles and Battery Electric Vehicles: Comparison and Assessment of Impact Factors





Vitaly V. GAEVSKIY **Irina V. ODINOKOVA**

Gaevskiy, Vitaly V., *Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.*
Odinokova, Irina V., *Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia*.*

ABSTRACT

In 2017 the number of motor vehicles, being in operation in the world, exceeded 1,5 billion units. Motorization has caused serious problems for safety of the environment, life and health of humans.

This article discusses various factors of impact of motorisation and automobilisation on the environment.

Until recently, harmful emissions from vehicles have been considered as the main significant factor in environmental pollution. Due to implementation of the technical policy for implementation of EURO environmental standards, the «center of gravity» in the problems of improving the environmental safety of vehicles is moving towards minimising the heat entering the environment after being emitted by motor vehicles engines. The greatest practical interest is associated with the recovery of energy spent on traction, as the recovery increases the energy efficiency of road transport while reducing the negative impact on the environment.

A comparative assessment of cars with internal combustion engines and battery electric vehicles showed that the overall negative impact of comparable vehicles on the environment currently differs slightly.

It is necessary to continue research and development in the field of energy recovery problems.

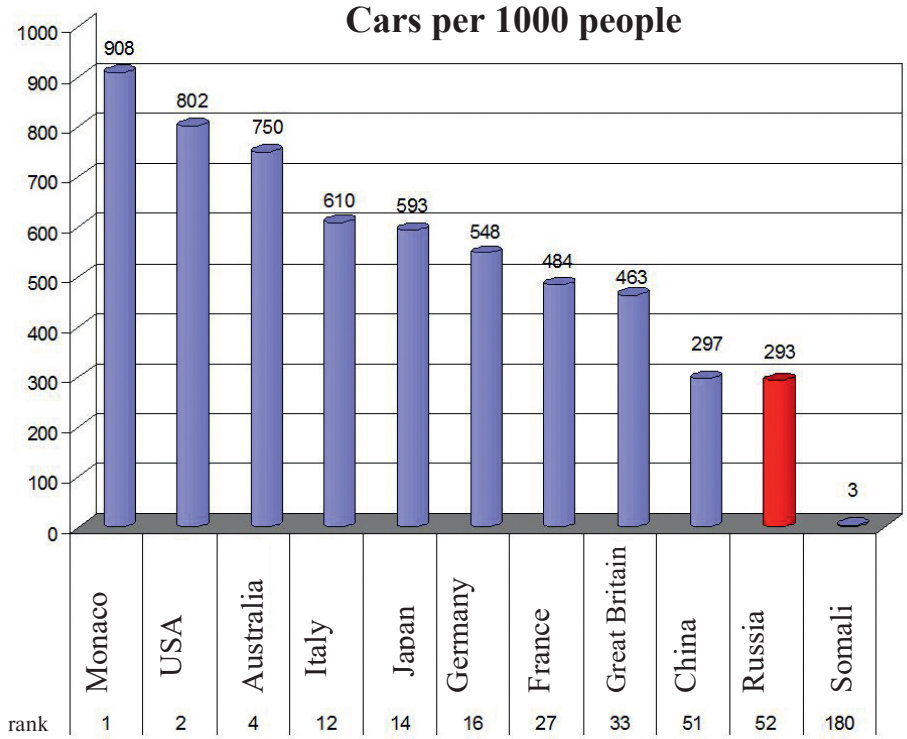
Keywords: *hybrid cars, electric cars, battery electric cars, energy recovery, ecology, car efficiency, recycling, efficiency, environment, lithium-ion batteries.*

---

*Information about the authors:
Gaevskiy, Vitaly V. – D.Sc. (Eng), professor of the department of Cars of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, vit-life@rambler.ru.
Odinokova, Irina V. – Ph.D. (Eng), associate professor of department of Car parts and theory of mechanisms of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, odinokova_iv@mail.ru.

Article received 12.01.2019, revised 08.06.2019, accepted 21.06.2019.

For the original Russian text please see p. 220.



Pic. 1. The number of cars per 1000 people in selected countries [https://knoema.ru/atlas/topics].

Introduction. During recent years, there has been a dramatic jump in the number of motor vehicles on Earth. The number of cars exceeded 1 billion units back in 2010. Over the next 4 years, the growth of cars amounted to another 330 million units. Now in the world there are about 1,5 billion units of vehicles, and the same number of motor vehicles.

If we consider the number of cars per 1000 inhabitants in countries most susceptible to motorization (Monaco, USA, Australia), then they have 1 car per almost every resident (Pic. 1). In Russia, occupying 52nd place in the world by the number of cars per 1000 inhabitants, there is a car on average per 3,5 people*.

Motorization has become a significant phenomenon affecting various aspects of global sustainable development: social, economic, environmental ones etc. It has both positive and negative consequences. At the same time, technological changes and creation of innovative means of road transport, including electric vehicles, vehicles with hybrid engines, having important positive qualities, require, as the experience of their operation is being understood, a comprehensive and balanced reassessment of the environmental impacts, especially compared to traditional cars with internal combustion engines.

The *objectives* of the study are to assess the overall positive and negative consequences of global motorization, to suggest a comparative analysis of the environmental impact factors of cars with ICEs and electric vehicles, as well as to identify engineering solutions that help to minimize the negative environmental impacts of cars in terms of energy efficiency and environmental protection.

The study used physical and mathematical *methods*, statistical analysis tools, scientific tools of engineering sciences, in particular, of electrical engineering, comparative analysis and study of the existing experience.

1. The positive consequences of motorization

A personal car in the modern world is most attractive to humans as a means of everyday travel, firstly, for its technical capabilities, and secondly, because of the ability to satisfy the individual needs of each

* http://stat.gibdd.ru/

Table 1

The content of environmentally hazardous materials and liquids in a passenger car (the characteristics of lithium batteries are highlighted in bold)

Material	Weight (kg)	Share by weight in total mass (%)
Ferrous metals	626	55,9
Aluminum Al	52	4,6
Chrome Cr	1	0,07
Copper Cu	10	0,9
Zinc Zn	0,2	0,02
Lead Pb	12	1
Lithium Li	**300–700**	**20–50**
Oils	10	0,9
Petroleum	5	0,4
Ethylene glycol	3	0,3
Rubber	66	5,9
Glass	32	2,9
Plastics and other waste	303,6	27,1
Total	1120,8	100

owner to the greatest extent. In warm climate, the motorcycle is an alternative to the car. As the result, cars and motorcycles have become the most sought-after vehicles in the world. Motorization continues, which allows us to consider it a development trend of the anthroposphere for the foreseeable future.

Mass motorization has resulted in significant positive social consequences, such as:

• increase in mobility mobility, that is, the ability to travel and transport goods quickly, comfortably and efficiently;

• accessibility and convenience of travel for passengers and cargo transportation;

• reduction of time spent on passenger trips and acceleration of cargo transportation;

• providing employment for a significant part of the population.

The specified factors contribute to economic growth, specialization and cooperation of labour, stimulation of scientific and technological progress, and development of industrial technologies, which in turn ensures expansion of the tax base [1].

But, at the same time, motorization has significant negative consequences.

2. The negative consequences of motorization

One of the most negative consequences of motorization is associated with road traffic accidents (RTA). At the international level, data on road traffic accidents and their negative consequences for human life and health are compiled by the World Health Organization (*WHO*), that publishes reports on road safety in the world with a frequency of 3–5 years (*Global Status Report on Road Safety*), as well as the World Bank, that publishes *Mortality reports caused by road traffic injury (per 100,000 people)*. According to the WHO report of 2018, more than 1,35 million people die every year in the world as a result of RTA. According to the level of citizens' risk to be involved in RTA, Russia ranks 72nd (out of 175 compared countries). This risk is estimated by the number of fatalities in RTA per 100 thousand population (Russia – 18 people/100 thousand inhabitants). The leaders of the road safety rating are Western European states (primarily the Scandinavian countries). Absolute leadership belongs to San Marino: zero people died in RTA. High mortality due to RTA correlates with the level of poverty, social underdevelopment, low-quality roads, and the lack of proper medical support [2].

According to the Scientific Center for Road Traffic Safety of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, in 2018, 168 thousand road traffic accidents (RTA) occurred within the country's road network, in which 18,2 thousand people died and another 214,9 thousand people received injuries of different severity. Every ninth RTA was fatal.

Unfortunately, data on deaths from carbon monoxide and on the increased number of cancer patients due to the increased level of carcinogens released into the atmosphere by moving vehicles do not fall into the statistics of the victims of motorization.

The automotive industry, which is developing rapidly in the interests of motorization, requires the use of a significant amount of natural resources. Motorization, moving ahead of development of transport infrastructure (primarily road transport network and parking in cities), is a cause of traffic jams. Speed decrease due to traffic congestion requires an increase in the number of vehicles in use to provide transportation. The increase in the

number of cars leads to increased emissions of various nature, including greenhouse gases, heat, tire wear and brake mechanisms products. Currently, the problems of utilization and recycling of waste from motor transport activities and transport mechanical engineering manufacturing have become much more acute.

Reducing the environmental load from motorization is associated with the use of electric vehicles and vehicles equipped with hybrid power plants. Such expectations are based solely on an estimate of reduction of emissions of harmful substances into the atmosphere.

However, pointing to the use of electric traction, people usually forget that the electric energy consumed by electric vehicles is generated somewhere. So, the environment is still under the influence of a harmful effect, which is a pointed one, though the generators of power plants cause less environmental damage per unit of energy produced than internal combustion engines, since power plants work not under transient, but under constant modes, and they themselves have high efficiency.

As a result, if we consider two fundamentally different types of vehicles: an electric car and a car with an internal combustion engine in terms of a combination of factors, it turns out that the negative impact from them is about the same.

On the one hand, ICE cars produce harmful greenhouse gas emissions in the atmosphere, but according to modern EURO 6 standards, these emissions are minimized. On the other hand, electric cars, seemingly environmentally friendly, have Li batteries in their composition, which are very dangerous and harmful to the environment and are difficult to be recycled. If we consider electric cars as mass transport, then in a few years there will be serious problems with disposal of a huge amount of rechargeable Li batteries (Table 1) [2, 4–7].

However, all cars, regardless of design of their engines, generate common problems with disposal of used tires; plastics; oils and other operating fluids, as well as problems caused by the dispersion in the environment of the heat generated during operation.

3. Energy saving: questioning and fundamental approaches to solving

For all vehicles, there are still common problems of energy loss during braking: **each braking is a transfer of energy of vehicle motion into heat.**

Let's perform an approximate calculation of the heat emission coming daily from all cars into the planet's atmosphere due to braking and dissipated in it. For calculations we will use the following initial data:

- the number of cars in operation – 1 billion units (A = 1000000000 units);
- average estimated speed of a car –57 km/h (V = 16 M/s);
- the number of braking operations at full speed per 1 hour of operation – n = 18 units;
- average estimated duration of a car's stay on the move per working day – T = 3 hours;
- average estimated weight of one car (obtained by the authors through expert estimates, taking into account the share of various types of vehicles and of different total mass in the car fleet) – 3 t (M = 3000 kg).

With each braking from the estimated speed until completely stopping, the braking mechanisms of each car will accumulate and then dissipate in the atmosphere the thermal energy Q, equal to the transformed kinetic energy of the car in motion, and determined by the formula known from physics:

$Q = (M \cdot V^2): 2 = 3000 \cdot 16^{2:} 2 = 384\,000$ J = 284 kJ.

Per day, one car will produce thermal emission Q_{day} in the amount of

$Q_{day} = Q \cdot T \cdot n = 284 \cdot 3 \cdot 18 = 15\,336$ kJ.

Total thermal emission $Q_{tot.}$ from all cars per day of their operation will be

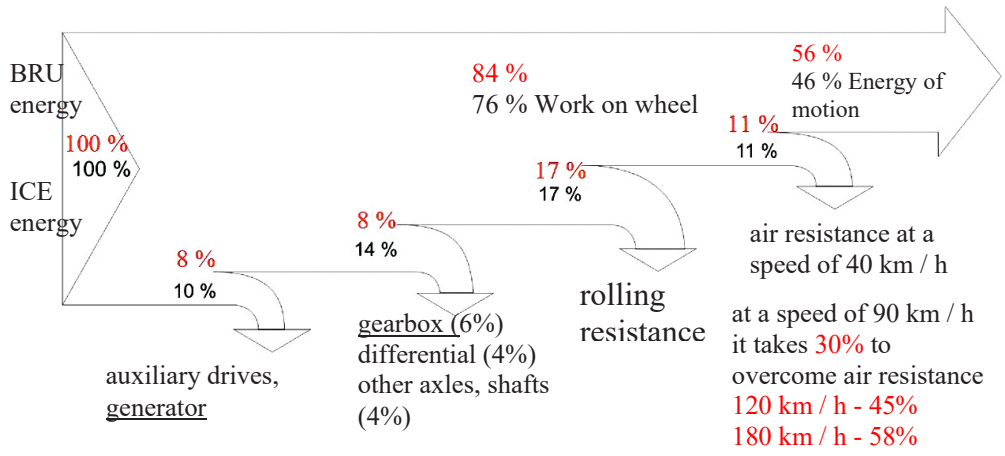
$Q_{tot.} = Q_{day.} \cdot A = 15\,336\,000\,000\,000$ kJ = 15 336 TJ.

For comparison, all nuclear power plants of Russia in 2018, according to Rosatom, generated 204,3 billion kWh of electricity, or about 11 % of all electricity generated in the country*. Taking, for simplicity of comparison, constant power generation on different days of the year, 204,3 W: 365 = 0,6 billion kW/h of electricity was produced daily at Russian nuclear power plants, or 2160 TJ.

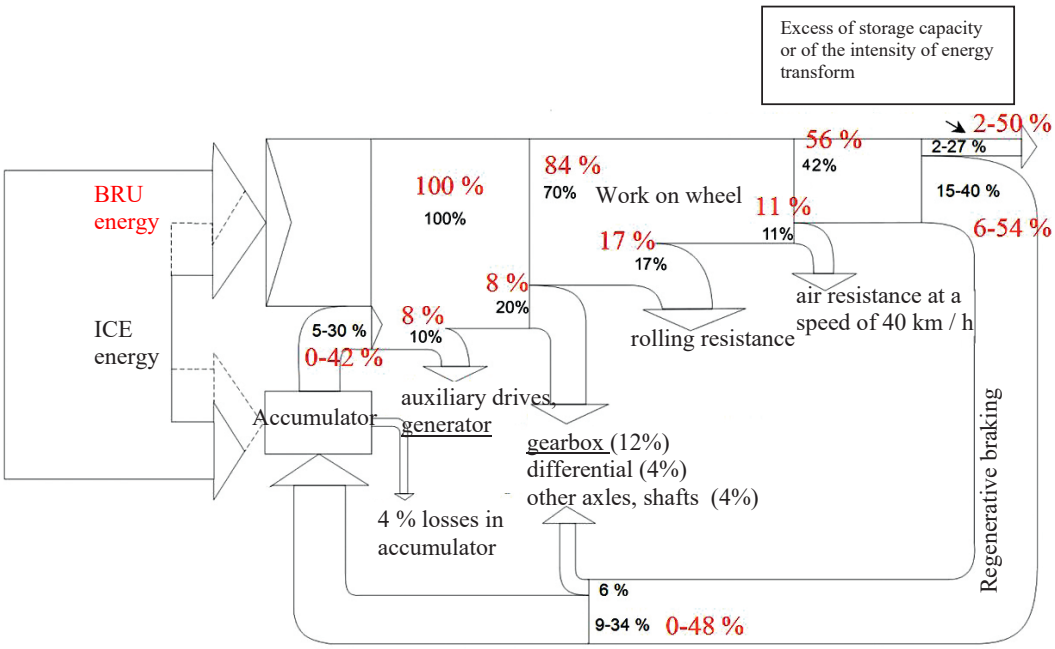
The data presented indicate significant thermal emission entering the atmosphere from vehicles.

Based on the foregoing, in our opinion, the problem of beneficial use of kinetic energy, which is lost with every braking, comes to the

* Rosatom State Corporation: nuclear technologies, nuclear power, nuclear power plants, nuclear medicine. www.rosatom.ru. Last accessed February 24, 2019.



Pic. 2. The energy balance of a conventional car and an electric car without recovery of energy of motion; units that are absent in an electric car are underlined [8].



Pic. 3. The energy balance of a conventional car and electric vehicle with recovery of energy of motion; units that are absent in an electric car are underlined.

fore today. The fact that 10 years ago people did not pay attention to, due to other serious problems, is now becoming important cause of harmful effects on the environment.

If humanity learns to recover energy of car movement, that is, accumulate it during braking and reuse it during acceleration, then this measure alone will solve many problems, starting from reducing the need for fuel for traction to reducing the greenhouse effect.

In the example shown above energy balance of a car with an internal combustion engine and of an electric vehicle is considered in two versions – without energy recovery (Pic. 2) and with recovery (Pic. 3) [8].

From Pics. 2 and 3 it is seen that with each braking, up to half of energy generated by the engine is lost, and this is the part of the generated energy that can be reused [9–15]. However, do not forget that the percentage estimates of possible recovery are correct only

at speeds up to 40 km/h. With increasing speed, more and more useful energy is irrevocably spent on overcoming air resistance.

Conclusions. Motorization is associated with the need to solve a number of problems it generates. The most significant problem remaining is associated with the reduction of environmental damage caused by operation of cars. Modern models of ICE cars have significantly lower greenhouse gas emissions thanks to the use of innovative technologies in their design and production. Among various factors determining environmental pollution by cars, emission of heat dissipated by the braking mechanisms of vehicles is taking the leading position.

The most promising direction for reducing thermal emission from cars is recovery of kinetic energy, which is converted by brake mechanisms into heat dissipated in the atmosphere.

Known technical solutions come down to either replacing cars with internal combustion engines with electric vehicles, or to using braking energy recovery systems. Within the latter option cars with hybrid power plants are being implemented.

The use of a hybrid power plant (more than one source of energy for driving) in a car together with energy recovery is the most promising development of its design and, if the concept is successfully implemented, will lead to fuel economy, reduction in air emissions, minimization of the greenhouse effect while maintaining and even increasing the autonomy of the run, which is vehicle mileage per one refueling with an energy carrier placed on its board.

REFERENCES

1. Ivanov, A. M., Solntsev, A. N., Gaevsky, V. V. [*et al*]. Fundamentals of design of a modern car: Textbook. 2nd ed., rev. and enl. [*Osnovy konstruktsii sovremennogo avtomobilya: Uchebnik*]. Moscow, Engineering scientific-educational centre «SMART», 2017, 348 p.

2. Global Status Report on Road Safety. [Electronic resource]: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/. Last accessed 21.06.2019.

3. Road traffic accidents' rates in the Russian Federation during 12 months of 2018. Information and analytical review [*Dorozhno-transportnaya avariinost' v Rossiiskoi Federatsii za 12 mesyatsev 2018 goda. Informatsionno-analiticheskiy obzor*]. Moscow, FKU «SC TS MIA of Russia», 2019, 18 p.

4. Efficiency of an internal combustion engine [*KPD dvigatelya vnutrennego sgoraniya. Skolko priblizitelno raven, a takzhe moshchnost' v protsentakh*]. [Electronic resource]: http://avto-blogger.ru/texchast/kpd-dvigatelya-vnutrennego-sgoraniya.html. Last accessed 21.06.2019.

5. Grishaeva, Yu. M., Matantseva, O. Yu., Spirin, I. V., Savosina, M. I., Tkacheva, Z. N., Vasin, D. V. Sustainable transport development in Russian cities: experience and current tasks [*Ustoichivoe razvitie transporta v gorodakh Rosii: opyt i aktualnie zadachi*]. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie*, 2018, Iss. 4, pp. 24–46. DOI: 10.18470/1992–1098–2018–4–24–46

6. Kruglikov, S. S. Application of electro-membrane processes in the technology of electrochemical chromium plating [*Primenenie elektromembrannykh protsessov v tekhnologii elektrokhimicheskogo khromirovaniya*]. *Membrany i membrannie tekhnologii*, 2016, Iss. 3, pp. 305–312.

7. Kruglikov S. S., Kolesnikov V. A., Brodski V. A., Gubin A. F., Nekrasova N. E., Kruglikova E. S. Regeneration of process solutions and purification of water in reclaim tanks through immersed electrochemical modules. *Galvanotechnik,* 2018. Vol. 109, No. 2, pp. 246–252. DOI: 10.12850/ISSN2196–0267.JEPTXXX.

8. Saykin, A. M., Ter-Mkrtichyan, G. G., Pereladov, A. S. [*et al*]. Environmental problems of modern vehicles, including electric cars [*Ekologicheskie problem sovremennykh transportnykh sredstv, v tom chisel elektromobilei*]. *Vestnik Mashinostroeniya*, 2017, Iss. 2, pp. 84–87.

9. Karpukhin, K. E., Biksaleev, R. Sh., Klimov, A. V., Ospanbekov, B. K. On safety aspects of traction batteries of electrified vehicles. Analysis of factors affecting resource and some methods of its assessment [*Ob aspektakh bezopasnosti tyagovykh akkumulyatornykh batarei elektrifitsirovannykh transportnykh sredstv. Analiz faktorov, vliyayushchikh na resurs i nekotorie metody ego otsenki*]. *Zhurnal avtomobilnykh inzhenerov*, 2017, Iss. 6, pp. 26–29.

10. Kolbasov, A. F., Karpukhin, K. E., Debelov, V. V. Infrastructure research for personal electric transport: actual problems, solutions [*Issledovanie infrastruktury dlya lichnogo elektrotransporta: aktualnie problem, variant reshenii*]. *Zhurnal avtomobilnykh inzhenerov*, 2017, Iss. 2, pp. 36–45.

11. Ivanov, A. M., Narbut, A. N., Parshin, A. S., Solntsev, A. N., Gaevsky, V. V. Cars: Theory of operational properties: Textbook [*Avtomobili: Teoriya ekspluatatsionnykh svoistv: Uchebnik*]. Moscow, Publishing center «Academia», 2014, 176 p.

12. Gaevskiy, V. V., Odinokova, I. V. Electric vehicle versus hybrid car [*Electromobil' protiv gibridnogo avtomobilya*]. *Avtomobilnaya promyshlennost'*, 2017, Iss. 9, pp. 10–13.

13. Gaevskiy, V. V., Litvinenko, R.V., Borisevich, V. B. Hybrid systems for single-track vehicles [*Gibridnie sistemy dlya odnokoleinykh transportnykh sredstv*]. *Vestnik MADI*, 2017, Iss. 3, pp. 16–19.

14. Gaevskiy, V. V., Fedorova, T. D. Alternative energy sources on motor vehicles, brief history and prospects for use as regenerators [*Alternativnie istochniki energii na avtotransportnykh sredstvakh, kratkaya istoriya i perspektivy ispolzovaniya v kachestve rekuperatorov*]. *Avtotransportnoe predpriyatie*, 2016, Iss. 6, pp. 47–49.

15. Odinokova, I. V. Method for determining the environmental efficiency of surface vehicles [*Metod opredeleniya ekologicheskoi effektivnosti nazemnykh transportnykh sredstv*]. *Stroitelnie i dorozhnie mashiny*, 2016, Iss.2, pp. 34–39.

16. Shadrin S. S., Ivanov A. M. Algorithm of autonomous vehicle steering system control law estimation while the desired trajectory driving. *Journal of Engineering and Applied Sciences,* 2016, Vol. 11, Iss. 15, pp. 9312–9316.

17. Bartlomiejczyk, M. Modern Technologies in Energy Demand Reducing of Public Transport – Practical Applications. Proceedings of 2017 Zooming Innovation in Consumer Electronics International Conference (ZINC). Novi Sad, Serbia. *IEEE*, May-June, 2017, pp. 64–69. ●

ЭКОЛОГИЧНЫЕ ШПАЛЫ ДЛЯ МОСКОВСКОГО ТРАМВАЯ: ПРОДОЛЖЕНИЕ ТЕМЫ

Тема экологичных шпал, затронутая в первом номере «Мира транспорта» за этот год (Экологичные шпалы для московского трамвая // Мир транспорта. – 2019. – № 1. – С. 202), получила продолжение.

По итогам публичного опроса, проведённого «МосТрансПроектом» и оператором бесплатного Wi-Fi «МаксимаТелеком» в столичном метрополитене, почти 130 тыс. москвичей поддержали укладку трамвайных шпал из переработанного пластика в Москве, сообщили в пресс-службе ГБУ «МосТрансПроект».

«Почти 130 тысяч, или 76 %, опрошенных пассажиров метро Москвы поддержали установку шпал из переработанного пластика вместо деревянных на трамвайных путях в столице, отметив положительное влияние на экологию и инновационность решения», – говорится в сообщении.

Чуть более 18 % опрошенных не заметили разницы между деревянными и пластиковыми шпалами, а мнение, что шпалы лучше делать из дерева, высказали всего около 6 % участников опроса.

«При развитии транспорта и инфраструктуры в городе для нас важны не только их надёжность и комфорт, но и экологическая безопасность. Шпалы из композитных материалов начали укладывать на трамвайных путях Москвы в прошлом году – они сменили деревянные, которые было необходимо пропитывать каменноугольной смолой, – и сейчас мы рады видеть, что большинство москвичей заметили и одобрили такое решение», – отметил директор ГБУ «МосТрансПроект» Александр Поляков.

В пресс-службе пояснили, что сбор ответов проходил в два этапа – первый из них завершился в конце марта, тогда в опросе приняли участие почти 45 тыс. человек, а второй – в середине апреля, были опрошены почти 125 тыс. человек.

Экошпалы – шпалы нового типа, изготовленные из переработанной пластиковой тары. В 2018 г. такие шпалы уже появились на девяти участках трамвайных путей, а в течение 2019–2020 гг. их уложат ещё на более чем двадцати объектах. Шпалы из композитных материалов более экологичные: их, в отличие от деревянных, не нужно пропитывать каменноугольной смолой (креозотом) для предотвращения гниения. Кроме этого, такие шпалы в пять раз долговечней деревянных и могут прослужить около 50 лет. Для их производства используются старые пластиковые бутылки и другие отходы.

По информации Агентства городских новостей «Москва»
https://www.mskagency.ru/materials/2892182 ●

ECO-FRIENDLY SLEEPERS FOR MOSCOW TRAM: CONTINUING THE TOPIC

The theme of eco-friendly sleepers touched on in this year's first issue of our journal (*World of Transport and Transportation*, Vol. 17, Iss. 1, p. 202 (2019)), has been continued.

According to the results of a public survey conducted by MosTransProject and the operator of free Wi-Fi Maxima Telecom in Moscow metro, almost 130,000 moscovites supported the laying of tram sleepers made of recycled plastic in Moscow, the press service of MosTransProject [Moscow Transport Project public institution] announced.

«Almost 130,000 persons, or 76 %, of Moscow metro passengers surveyed supported laying of sleepers made of recycled plastic instead of wooden ones on tram tracks in the capital, noting the positive impact on the ecology and innovative aspect of the solution», the press-release reads.

More than 18 % of respondents did not notice the difference between wooden and plastic sleepers, and only about 6 % of the surveyed participants expressed the opinion that wooden sleepers are better.

«In view of the development of transport and infrastructure in the city, the reliability of sleepers and travel comfort as well as environmental safety, are important to us. The sleepers made of composite materials have been laid on Moscow's tram tracks since last year. They have replaced the wooden ones that needed to be impregnated with coal resin. Now we are pleased to see that most moscovites have noticed and approved this solution», said Alexander Polyakov, the director of MosTransProject.

The press service explained that the survey was conducted through two stages. The first of them was completed at the end of March, when almost 45,000 people took part in the survey, and the second finished in mid-April, when almost 125,000 people were interviewed.

Eco-friendly sleepers are a new type of sleepers, made from recycled plastic containers. Such sleepers were used in 2018 at nine sections of tram tracks, and in 2019–2020 they will be used for 20 more sections. Composite materials are more environmentally friendly. They, unlike wooden ones, do not need to be impregnated with coal resin (creosote) to prevent rotting. Besides, such sleepers are five times more durable than wooden ones and can last about 50 years. Old plastic bottles and other waste are used for their production.

Compiled from Moscow City News Agency information:
https://www.mskagency.ru/materials/2892182 ●

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ • HRM, EDUCATION & TRAINING

ПЕРСОНАЛ 234

Культура безопасности как ключевой элемент организационной культуры транспортных компаний.



yandex.ru

ПРОФОРИЕНТАЦИЯ 246

Агитационные поезда и автобусы едут на встречу с будущими студентами.

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ МАСТЕРСТВО 258

Водители трамваев соревнуются не только на скорость.



STAFF 240

Safety culture as a key element of organizational culture of transport companies.

CAREER GUIDANCE 252

Trains and buses are going to meet and attract future students.



PROFESSIONAL SKILLS 258

Speed is not the main goal of tram drivers' competition.



УДК 656.2.08:008:656.2
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-234-245

Культура безопасности как элемент организационной культуры транспортных компаний





Ольга ЕФИМОВА **Юлия КОМАРОВА**

Ефимова Ольга Владимировна *– Российский университет транспорта, Москва, Россия.*
Комарова Юлия Вячеславовна *– Российский университет транспорта, Москва, Россия*.*

Для выполнения основных функций управления необходима развитая организационная культура. В её основе лежит система общих для всех сотрудников данной организации ценностей, убеждений и норм, которые формируются в результате сложного процесса взаимодействия.

В статье предложено считать «культуру безопасности» (в том числе, например, движения, экологической безопасности, трудовой деятельности) взаимосвязанным со всеми другими элементом организационной культуры. Особенно актуальным это является для транспортных компаний, в том числе ОАО «РЖД», где высокими темпами идут процессы внедрения технологий и усложнения техники и где по объективным причинам, связанным с характером деятельности, высок уровень производственного травматизма.

В статье организационная культура рассматривается как совокупность функциональных культур в области управления, взаимодействия и коммуникации внутри компании, организации труда, культуры безопасности, взаимодействия с внешними клиентами.

ОАО «РЖД» в своей деятельности применяет современные технологии, сложную технику, при этом имеются инфраструктурные ограничения; всё это источник рисков и угроз в области безопасности. Поэтому уровень зрелости культуры безопасности, а также её оценка имеют огромное значение как для развития организационной культуры, так и для компании в целом.

Ключевые слова: транспорт, организационная культура, корпоративная культура, культура безопасности, функциональная культура, элементы организационной культуры.

---

*Информация об авторах:
Ефимова Ольга Владимировна – доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономики, организации производства и менеджмента Института экономики и финансов Российского университета транспорта, Москва, Россия, ovefimova@mail.ru.
Комарова Юлия Вячеславовна – ведущий инженер Кабинета программы MBA отдела современных форм обучения Высшей транспортной бизнес-школы Института экономики и финансов Российского университета транспорта, Москва, Россия, yuvkomarova@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 01.03.2019, принята к публикации 20.06.2019.

For the English text of the article please see p. 240.

Развитая организационная культура является одним из факторов, который позволяет достичь эффективности трудовой деятельности, высокой производительности, реализуемости и рентабельности проектов, приверженности сотрудников решению поставленных целей и в целом успешности любой компании, в том числе и транспортной.

Исследованию организационной культуры, влиянию её элементов, таких, как ценности, миссия, цели компании, поведение и коммуникации, символы, культура труда, на качество выполнения поставленных целей и задач посвящены работы многих учёных.

Так как транспорт является источником повышенной опасности, высокими темпами развиваются используемые на нём техника и технологии, культура безопасности как необходимый элемент организационной культуры транспортных компаний становится особенно актуальной, требующей дополнительного изучения.

Целью исследования является определение места культуры безопасности в организационной культуре транспортных компаний на примере ОАО «РЖД».

Использованы общенаучные *методы*, а также присущие исследованию систем управления эмпирические методы, включая анализ документации, теоретико-эмпирические, теоретические методы.

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ И КОРПОРАТИВНАЯ КУЛЬТУРА: ОБЩИЕ ПОДХОДЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Исследования организационной культуры на предприятиях начались ещё в начале XX века. Основоположником исследований в области организационной культуры управления считается Э. Мейо. Под его руководством в период с 1927 по 1932 годы проводился эксперимент, целью которого было исследование влияния организационной культуры на производительность труда работников, в результате которого было выявлено, что она «...зависит от их желания трудиться, а последнее определяется той оценкой, которую они придают своей деятельности в компании, своим заработкам и взаимоотношениям с другими рабочими и управленческими структурами» [1, с. 99].

В 1950-е годы американский учёный М. Далтон провёл исследования вопросов формирования организационной культуры и её субкультур исходя из разных потребностей работников [2]. В этот же период группа английских социологов из Тавистокского института провела детальное исследование организационной культуры [3, с. 23].

На рубеже 1980–1990 годов появились исследования о том, что организационная культура управления является важным фактором экономической эффективности деятельности компании.

Помимо термина «организационная культура» в литературе часто встречается понятие «корпоративная культура». Между дефинициями «организационная культура» и «корпоративная культура» много общего, однако большинство учёных трактуют понятие организационной культуры шире, чем корпоративной: «Культура организации понимается как общее, универсальное, всеобъемлющее понятие, а корпоративная культура как частное, применимое к определённой организации» [4, с. 7; 5, с. 7].

С другой стороны, эти понятия во многом схожи и представляют собой систему ценностей, убеждений, правил поведения и других элементов, которых в своей деятельности придерживаются сотрудники для достижения стратегических целей компании [5, с. 14; 6, с. 45; 7, с. 10; 8, с. 135].

Если говорить о наиболее важных элементах культуры более подробно, то наиболее значимыми признаются ценности, миссия, цели компании, поведение и коммуникации (нормы, стандарты, кодексы, этика и этикет, организационный климат, имидж), символы (девизы, лозунги, бренды, логотипы, ритуалы, традиции, легенды), культура труда (условия и безопасность труда, средства труда, социальная ответственность).

При этом не всегда все элементы организационной культуры (например, ценности, убеждения) в ходе её формирования и развития признаются и разделяются всеми сотрудниками, следствием этого является возникновение субкультур (субкультура понимается как совокупность ценностей, отличающих ту или иную подгруппу в рамках организации).

Сотрудники компании, с одной стороны, являются носителями организационной культуры (в силу своей социальной природы личность подвержена влиянию организационной культуры, то есть культура находится над людьми, направляет



Рис. 1. Организационная культура как совокупность функциональных культур.

и корректирует поведение людей в соответствии с общепринятыми нормами и ценностями), с другой – активно формируют её, изменяя и совершенствуя присущие ей характеристики. Культура, таким образом, является продуктом взаимоотношений сотрудников компании, связанных общей целью.

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ

Жизнь и здоровье людей бесценны. Несчастные случаи, ставшие причиной инвалидности или смерти, подрывают экономическую эффективность не только компании, в которой данные случаи произошли, но и наносят ущерб государству в целом, препятствуют повышению его конкурентоспособности на мировом рынке. Особенно актуальным это является для транспортных компаний, где высокими темпами идут развитие технологий и усложнение техники и где в силу специфики основной деятельности, связанной с перевозками, высок уровень производственного травматизма.

Всё это обуславливает появление нового элемента организационной культуры – культуры безопасности, исходя из того, что организационную культуру можно рассматривать как совокупность функциональных культур (рис. 1):

• культура управления определяется стилем, методами управления, применяемыми руководством компании;

• культура взаимодействия внутри компании определяется согласованностью действий функциональных подразделений и сотрудников компании;

• культура взаимодействия с внешними клиентами определяется уровнем клиентоориентированности компании, уровнем удовлетворённости клиентов качеством обслуживания;

• культура труда определяется уровнем психофизических, санитарно-гигиенических, социально-психологических условий труда, системой социальной поддержки работников, уровнем материально-технического обеспечения, использования передовых методов труда;

• культура безопасности (в том числе, например, движения, экологической безопасности, трудовой деятельности) определяется уровнем защиты системы от риска возникновения опасных ситуаций; уровнем приоритетности безопасности перед, например, финансовыми или производственными показателями.

Термин «Культура безопасности» впервые появился в «Итоговом докладе Международной консультативной группы по ядерной безопасности (МКГЯБ) о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле», опубликованном МАГАТЭ в Серии изданий по безопасности под № 75-INSAG-1 в 1986 году, и далее был раскрыт в «Основных принципах безопасности атомных электростанций» [9, Предисловие Генерального директора]. В докладе МКГЯБ «Основные принципы безопасности атомных электростанций» (№ 75-INSAG-3, 1989 года; № 75-INSAG-3 Rev.1, русскоязычное издание 2015 года) культура безопасности была освещена как фундаментальный управленческий принцип [10, с. 16]. В докладе МКГЯБ «Культура безопасности» (№ 75-INSAG-4, 1991 года) дано следующее определение культуры безопасности «Культура безопасности – это такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности АЭС, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью» [9, с. 1].

Культура безопасности на транспорте также имеет высший приоритет.

Сущность и значение элемента «культура безопасности» в деятельности ОАО «РЖД» определяется социальной ответственностью работодателей перед работниками компании и ответственностью компании перед обществом.

В части корпоративной культуры фактор культуры безопасности в коллективах организаций железнодорожного транспорта, в том числе в ОАО «РЖД», стал играть заметную роль и особенно проявляться при выполнении правил безопасности движения и эксплуатации технических средств железнодорожного транспорта.

Решению вопросов культуры безопасности в области железнодорожного транспорта уделялось внимание за рубежом: были разработаны и введены в действие руководства методического характера, направленные на создание, оценку и инспектирование культуры безопасности в железнодорожных организациях. Результатом расследований за рубежом железнодорожных крушений, происшедших в конце XX века, стал вывод о том, что основанием выявленных непосредственных причин таких крушений послужила «недостаточная культура безопасности». На основе обобщения этого опыта Европейским парламентом и Советом Европейского союза разработана Директива о безопасности на железнодорожном транспорте. Особенность данного документа заключается в том, что он рекомендует развивать культуру безопасности, встраивая её в систему менеджмента безопасности [11].

Культура безопасности – комплекс отношений, складывающихся в результате понимания работниками важности и ответственности в сфере обеспечения всех видов безопасности.

КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОАО «РЖД»

В ОАО «РЖД» культура безопасности как элемент организационной культуры связан с другими элементами.

Так, безопасность является составной частью ценностей бренда [12], ряда корпоративных компетенций.

Одним из основных этических принципов, определённых в Кодексе деловой этики ОАО «Российские железные дороги», утверждённом распоряжением № 1143р от 06.05.2015 года, является принятие взвешенных решений, «руководствуясь принципом приоритета безопасности» [13]. Кроме того, при взаимодействии с подчинёнными руководители обязаны обеспечивать безопасность на рабочих местах.

В связи с тем, что основные виды деятельности ОАО «РЖД» связаны с осуществлением перевозочных процессов грузов и пассажиров, ведущую роль в культуре безопасности играет культура безопасности движения.

Одной из стратегических целей компании является «повышение качества работы и безопасности перевозок».

В ОАО «РЖД» термин «*культура безопасности движения*» определён в «Стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надёжности перевозочного процесса в холдинге «РЖД»». «Культура безопасности движения – результат осознания важности и социальной ответственности работников железнодорожного транспорта в обеспечении безопасности движения, достижение которого является приоритетной целью и личной потребностью при выполнении всех работ, влияющих на безопасность движения» [14]. Культура безопасности движения является составной частью корпоративной культуры холдинга «РЖД» и характеризует качество элементов Системы менеджмента безопасности движения (СМБД) [14].

Для выявления полноты и комплексности учёта культуры безопасности движения в нормативно-методических документах ОАО «РЖД» сформирована логическая матрица отражения требований к безопасности перевозочного процесса в формулировке ценностей, миссии, целей компании и других элементов организационной культуры (рис. 2).

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ

В формулировке миссии холдинга отражена задача эффективного развития конкурентоспособного транспортного бизнеса: «Миссия холдинга «РЖД» заключается в эффективном развитии конкурентоспособного на российском и мировом рынках транспортного бизнеса, ядром которого является эффективное выполнение задач национального железнодорожного перевозчика грузов и пассажиров и владельца железнодорожной инфраструктуры общего пользования» [15], таким образом, в ней отражается культура управления и культура взаимодействия с внешними клиентами.

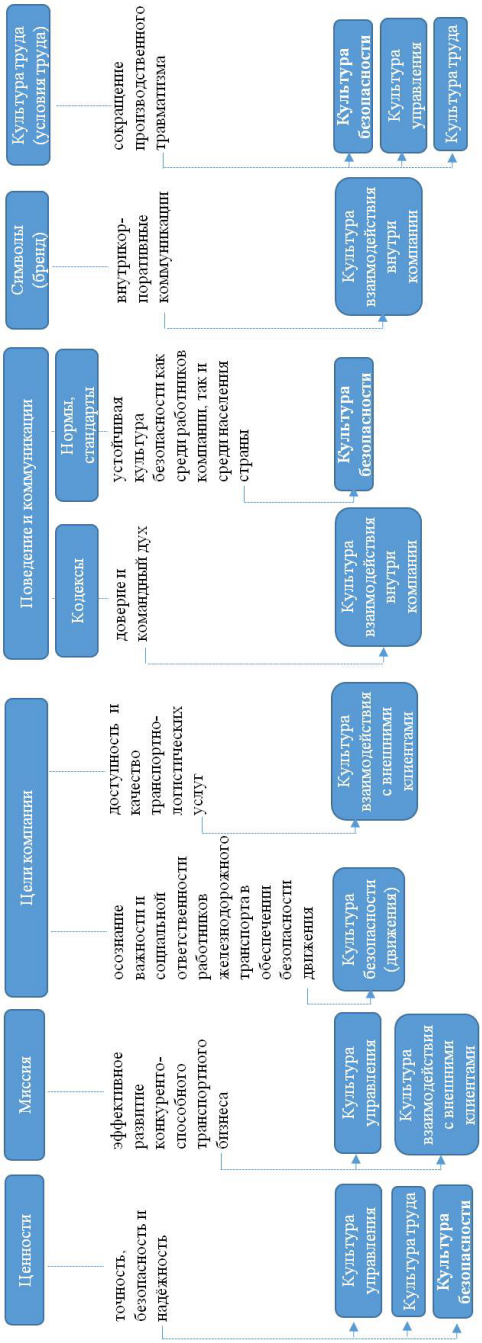


Рис. 2. Взаимосвязь элементов организационной культуры в корпоративной культуре ОАО «РЖД».

Цели компании определены в документах «Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025», «Стратегия управления качеством в холдинге «РЖД», «Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надёжности перевозочного процесса в холдинге «РЖД». В частности, цель Долгосрочной программы развития ОАО «РЖД» до 2025 года «достижение уровня безопасности движения, соответствующего статусу холдинга, занимающего лидирующую позицию среди железных дорог мира в части безопасности предоставляемых услуг инфраструктуры, безопасности и надёжности всех процессов» предусматривает задачу «развития культуры безопасности движения в холдинге», а в число направлений совершенствования системы управления безопасностью движения включено «поддержание позитивного уровня культуры безопасности движения через осознание работниками холдинга важности и социальной ответственности при выполнении работ, влияющих на безопасность движения, с синхронной интеграцией обязательных и неукоснительных правил поведения во все производственные процессы» [16]. В целях создания, функционирования и развития системы менеджмента качества отражены элементы культуры взаимодействия с внешними клиентами: «обеспечение доступности и качества транспортно-логистических услуг в области грузовых перевозок..., пассажирских перевозок в соответствии с социальными стандартами; повышение степени удовлетворённости потребителей за счёт повышения качества услуг при сохранении конкурентоспособной стоимости перевозок» [17].

Кодекс деловой этики как элемент организационной культуры направлен на развитие доверия и командного духа, таким образом, в нём отражается культура взаимодействия внутри компании: «*ОАО «РЖД» развивает* культуру эффективных корпоративных коммуникаций, *в основе которых – доверие и командный дух*» [13].

Символы (бренды) направлены на формирование внутрикорпоративных коммуникаций, отражают элементы культуры взаимодействия внутри компании: «*Платформа бренда «РЖД» является основой формирования* идеологического наполнения внутрикорпоративных коммуникаций» [18].

Культура труда (условия труда) направлены на сокращение производственного травматизма: «*Работники ОАО «РЖД» обязаны соблюдать*

требования охраны труда при выполнении своих трудовых обязанностей, выполнять требования инструкций по охране труда, правил внутреннего трудового распорядка, соблюдать производственную, технологическую и трудовую дисциплину, выполнять указания руководителя работ, участвовать в контроле за состоянием условий и охраны труда, правильно использовать средства индивидуальной и коллективной защиты и приспособления...» [19]. В этой формулировке отражены элементы культуры управления, труда и безопасности.

Анализ показывает, что нормативно-методические документы ОАО «РЖД» направлены на развитие организационной культуры в части определённых функциональных культур. При этом для развития культуры безопасности в деятельности подразделений бизнес-блоков компании в нормативные документы целесообразно включение элементов культуры безопасности в полном объёме.

ВЫВОДЫ

Организационная культура как, с одной стороны, совокупность функциональных культур (культура управления, культура взаимодействия внутри компании, культура взаимодействия с внешними клиентами, культура безопасности, культура труда) и как, с другой стороны, совокупность элементов (ценности, миссия, цели компании, поведение и коммуникации, символы, культура труда), является динамичной системой, изменяющейся в ходе развития самой организации.

Поэтому важно оценивать уровень зрелости всех элементов, особенно культуры безопасности, как необходимого условия для развития организационной культуры и, как следствие, развития компании в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурганова Л. А., Савкина Е. Г. Человеческие отношения»: уроки Хоторнского эксперимента // Вестник экономики, права и социологии. – 2007. – № 3. – С. 91–103.

2. Бразевич Д. С. Социологический анализ концепций организационной (корпоративной) культуры как фактора развития современной парадигмы управления человеческими ресурсами // Социология и право. – 2014. – № 1. – С. 30–41.

3. Асаул А. Н., Асаул М. А., Ерофеев П. Ю., Ерофеев М. П. Культура организации: проблемы формирования и управления. – СПб.: Гуманистика – 2006. – 203 с.

4. Спивак В. А. Корпоративная культура. – СПб.: Питер, 2001. – 352 с.

5. Соломанидина Т. О. Организационная культура компании: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2013. – 624 с

6. Ouchi W. G. Theory «Z»: How American business can meet the Japanese challenge. – Reading. MA: Addison-Wesley, 1981. – 283 p.

7. Sathe V. Culture and related corporate realities: text, cases, and readings on organizational entry, establishment, and change. – Homewood, Ill.: R. D. Irwin, 1985. – 579 p.

8. Morgan G. Images of Organization. – Beverly Hills, CA.: Sage Publications, 1986. – 421 p.

9. Культура безопасности. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности // Серия изданий по безопасности, № 75-INSAG-4. – МАГАТЭ: Вена, 1991. – 51 с.

10. Основные принципы безопасности атомных электростанций // Серия изданий по безопасности, № 75-INSAG-3 Rev.1. – МАГАТЭ: Вена, 2015. – 142 с.

11. Директива Европейского Парламента и Совета Европейского Союза 2016/798 от 11 мая 2016 г. о безопасности на железнодорожном транспорте (новая редакция). [Электронный ресурс]: https://base.garant.ru/71628316. Доступ 01.03.2019.

12. Ценности бренда РЖД [Электронный ресурс]: http://cinet.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=5148. Доступ 01.03.2019.

13. Кодекс деловой этики ОАО «РЖД». Утверждён решением совета директоров ОАО «РЖД» 30.03 2015 г. (протокол № 3). [Электронный ресурс]: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=6582&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704#4703955. Доступ 20.06.2019.

14. Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надёжности перевозочного процесса в холдинге «РЖД». Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 08.12.2015 г. № 2855р. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=EXP&dst=100564&n=310094&req=doc#08363620062100843. Доступ 20.06.2019.

15. Стратегия развития холдинга «РЖД» на период до 2030 года (основные положения). Утверждена Советом директоров ОАО «РЖД» 23.12.2013 г. № 19. [Электронный ресурс]: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru? STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&refererLayerId=5103&id=6396. Доступ 20.06.2019.

16. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 г. № 466-р. [Электронный ресурс]: http://static.government.ru/media/files/zcAMxApAgyO7PnJ42aXtXAga2RXSVoKu.pdf. Доступ 20.06.2019.

17. Положение о системе управления качеством ОАО «РЖД». Утверждено решением совета директоров ОАО «РЖД» от 07.12.2015, протокол № 22 [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc; base=EXP; n=642667#033422808120678993. Доступ 20.06.2019.

18. Стратегия управления брендинговыми активами холдинга «РЖД» на период до 2020 года. Цели и задачи, определяемые Стратегией управления брендинговыми активами холдинга «РЖД». Утверждена ОАО «РЖД» от 02.07.2015 г. № 333. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=EXP&dst=100107&n=639322&req=doc#06595089101178269. Доступ 20.06.2019.

19. СТО РЖД 15.001-2016 «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Общие положения». Утверждён распоряжением ОАО «РЖД» от 29.12.2016 г. № 2773р. [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_279276/. Доступ 20.06.2019.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-234-245

Safety Culture as an Element of Organisation Culture of Transport Companies





Efimova, Olga V., *Russian University of Transport, Moscow, Russia.*
Komarova, Yulia V., *Russian University of Transport, Moscow, Russia*.*

Olga V. EFIMOVA **Yulia V. KOMAROVA**

ABSTRACT

To perform the basic management functions, a developed organizational culture is required. It is based on a system of common values, beliefs and norms that are formed for all employees of a given organization as a result of a complex process of interacting.

The article proposes to consider the «safety culture» (including, for example, traffic safety culture, environmental safety, labor activity safety culture) as an element interconnected with all other elements of organizational culture. This is especially relevant for transport companies, including JSC Russian Railways, where technology development and technological sophistication are progressing rapidly and where, for objective reasons related to nature of the activity, the level of occupational injuries is high.

Organizational culture is considered in the article, as a set of functional cultures in the field of corporate management, interaction and communication, labor organization, safety culture, and interaction with external clients.

JSC Russian Railways uses modern technologies and sophisticated technology in its activities, while there are infrastructural restrictions; all this is a source of safety risks and threats. Therefore, the maturity level of safety culture, as well as its assessment are of great importance both for development of the organizational culture, and for the company.

Keywords: transport, organizational culture, corporate culture, safety culture, functional culture, elements of transport, organizational culture.

---

*Information about the authors:
Efimova, Olga V. – D.Sc. (Economics), professor, head of the of department of economics, organization of production and management of the Institute of Economics and Finance of Russian University of Transport, Moscow, Russia, ovefimova@mail.ru.
Komarova, Yulia V. – leading engineer of the Cabinet of MBA programs of the department of modern studies of the Higher Transport Business School of the Institute of Economics and Finance of Russian University of Transport, Moscow, Russia, yuvkomarova@gmail.com.

Article received 01.03.2019, accepted 20.06.2019.

For the original Russian text please see p. 234.

Introduction. A well-developed organizational culture is one of the factors which help to achieve labor efficiency, high productivity, feasibility and profitability of projects, employee commitment to achieve goals and the overall success of any company, including a transport one.

The works of many scientists are devoted to the study of organizational culture, to the influence of its elements, such as values, mission, company goals, behavior and communications, symbols, work culture, on quality of fulfilling the tasks and of achieving the objectives set.

Since transport is a source of enhanced danger, transport equipment and technologies are developing at a fast pace, a safety culture becomes especially relevant as a necessary element of organizational culture of transport companies, and therefore requires further study.

The *objective* of the study is to determine the place of safety culture in the organizational culture of transport companies using the example of JSC Russian Railways.

The study used general scientific *methods*, as well as empirical methods inherent in the study of control systems, including documentation analysis, theoretical and empirical methods, and theoretical methods.

Organizational and corporate culture: general approaches and definitions

Research on organizational culture at enterprises began as early as at the beginning of 20th century. Elton Mayo is considered the founder of research in the field of organizational culture of management. Under his leadership, in the period from 1927 to 1932 an experiment was conducted, the purpose of which was to study the influence of organizational culture on the productivity of employees as a result of which it was revealed that it «...depends on their desire to work, and the latter is determined by assessment that they give to their activities in the company, their earnings and relationships with other employees and management structures» [1, p. 99].

In the 1950s, an American scientist Melville Dalton conducted research on formation of organizational culture and its subcultures based on assumption of different needs of employees [2]. In the same period, a group of English sociologists from Tavistock Institute of Human Relations conducted a detailed study of organizational culture [3, p. 23].

At the turn of 1980–1990s, studies appeared that claimed that organizational management culture was an important factor contributing to the economic efficiency of a company.

Besides the term «organizational culture», the concept of «corporate culture» is often found in literature. The definitions of «organizational culture» and «corporate culture» have much in common, but most scholars interpret the concept of organizational culture more broadly than corporate one: «The culture of an organization is understood as a general, universal, comprehensive concept, and corporate culture [is understood] as a particular one applicable to a particular organization» [4, p. 7; 5, p. 7].

On the other hand, these concepts are largely similar and represent a system of values, beliefs, rules of conduct and other elements that employees follow in their activities to achieve strategic goals of a company [5, p. 14; 6, p. 45; 7, p. 10; 8, p. 135].

If we talk about the most important elements of culture in more detail, then they include the values, mission, goals of a company, behavior and communication (norms, standards, codes, ethics and etiquette, organizational climate, image), symbols (mottos, slogans, brands, logos, rituals, traditions, legends), work culture (working conditions and safety, work tools, social responsibility).

Moreover, not all elements of organizational culture (for example, values, beliefs) during its formation and development are recognized and shared by all employees, that results in the emergence of subcultures (subculture is understood as a set of values that distinguishes a particular subgroup within an organization).

Employees of a company, on the one hand, are carriers of organizational culture (by virtue of the social nature, a person is subject to influence of the organizational culture, that is, culture is above people, governs and corrects people's behavior in accordance with generally accepted norms and values), on the other hand, they actively shape it, changing and improving its inherent characteristics. Culture, therefore, is a product of interacting of company employees linked by a common goal.



Pic. 1. Organizational culture as a set of functional cultures.

Safety culture

Life and health of people are priceless. Accidents that cause disability or death not only undermine the economic efficiency of the company in which these cases occur, but also damage the country, and hinder its competitiveness in the world market. This is especially relevant for transport companies, where technology and technological sophistication are developing at a rapid pace, and where, due to the specifics of the main activities related to transportation, the level of industrial injuries is high.

All this leads to emergence of a new element of organizational culture which is the safety culture, since the organizational culture can be considered as a combination of functional cultures (Pic. 1):

• management culture is determined by a style, methods of management used by company management;

• culture of interaction within the company is determined by consistency of actions of functional units and employees of the company;

• culture of interaction with external clients is determined by the level of customer focus of the company, and the level of customer satisfaction with quality of service;

• work culture is determined by the psychophysical, sanitary-hygienic, socio-psychological working conditions, the system of social support for employees, the level of material logistics, the use of advanced labor methods;

• safety culture (including, for example, traffic safety culture, environmental safety, labor activity safety) is determined by the level of protection of the system against risks of occurrence of dangerous situations; by the level of prioritization of safety in comparison to, for example, financial or production indicators.

«The term 'Safety Culture' was first introduced in INSAG's Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident, published by the IAEA as Safety Series No.75-INSAG-1 in 1986, and further expanded on in Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, Safety Series No. 75-INSAG-3, issued in 1988» [9, Foreword by the Director General]. In the report of the International Nuclear Safety Advisory Group «Basic Principles of the Safety of Nuclear Power Plants» (No. 75-INSAG-3, 1989; No. 75-INSAG-3 Rev.1), safety culture was described as a crucial concept and one of fundamental safety management principles [10, pp. 5, 7]. The report on the Safety Culture of the International Advisory Group on Nuclear Safety (No. 75-INSAG-4, 1991) defines safety culture as follows: «Safety culture is that assembly of characteristics and attitudes in organizations and individuals which establishes that, as an overriding priority, nuclear plant safety issues receive the attention warranted by their significance» [9, p. 1].

Safety culture in transport is also a top priority.

The essence and significance of the element «safety culture» in the activities of JSC Russian Railways is determined by social responsibility of the employer towards employees of the company and responsibility of the company towards the society.

In terms of corporate culture, safety culture factor in railway transport organizations, including JSC Russian Railways, plays a significant role particularly regarding respect of traffic safety rules and operation of railway vehicles.

Attention to solution of safety culture issues in the field of railway transport was paid in many countries. Methodological guidelines were developed and put into effect to create, evaluate and monitor safety culture in railway organizations. The result of investigations of railway crashes abroad that occurred at the end of the 20th century led to conclusion that the identified immediate causes of such crashes were predetermined by the «insufficient safety culture». Based on the synthesis of this experience, the European Parliament and the Council have developed the Directive on railway safety [11]. The peculiarity of this document is that it recommends to develop safety culture by incorporating it into the safety management system [11, e.g., art. 9].

Safety culture is a complex of relations emerging as a result of employees' understanding of importance and responsibility in ensuring all types of safety.

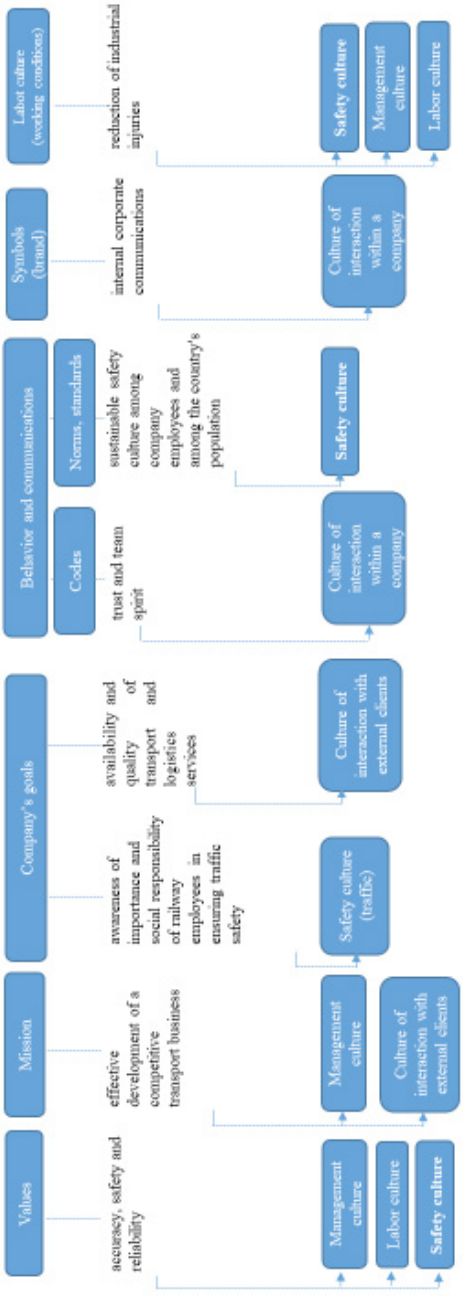
Safety culture in the activities of JSC Russian Railways

For JSC Russian Railways, safety culture as an element of organizational culture is associated with other elements.

Thus, safety is an integral part of brand values [12], of a number of corporate competencies.

One of the main ethical principles defined in the Code of Business Ethics of JSC Russian Railways, approved by regulation No. 1143r of 06.05.2015, is that decision-making should be balanced and «guided by the principle of safety priority» [13]. In addition, when interacting with subordinates, managers are required to ensure safety at workplaces.

Since the core activities of JSC Russian Railways refer to processes of carriage of goods



Pic. 2. The relationship of elements of organizational culture in corporate culture of JSC Russian Railways.

and passengers, traffic safety culture plays a leading role in safety culture.

One of the strategic goals of the company is «improving quality of work and safety of transportation».

At JSC Russian Railways, the term «*traffic safety culture*» is defined in the «Strategy for ensuring guaranteed safety and reliability of the transportation process in the holding company Russian Railways. «Traffic safety culture is the result of recognition of importance and social responsibility of railway employees in ensuring traffic safety, achievement of which is a priority goal and personal need for all work affecting traffic safety» [14]. Traffic safety culture is an integral part of corporate culture of Russian Railways holding company and characterizes quality of the elements of System of traffic safety management (SMBD) [14].

To identify completeness and complexity of how traffic safety culture is considered in the regulatory and methodological documents of JSC Russian Railways, a logical matrix has been formed to reflect safety requirements of the transportation process in the statement of values, mission, company goals and other elements of organizational culture (Pic. 2).

Brief analysis of the relationships

The formulation of the holding's mission reflects the objective of effective development of a competitive transport business: «The mission of Russian Railways holding company consists in effective development of a competitive transport business in the Russian and world markets, the core of which is effective fulfillment of the tasks of the national rail carrier of goods and passengers and the owner of the public railway infrastructure» [15], thus, it reflects culture of management and a culture of interaction with external clients.

The goals of the company are defined in the documents «Long-term development program of JSC Russian Railways until 2025», «Quality management strategy at Russian Railways holding company», «Strategy for ensuring guaranteed safety and reliability of the transportation process in the Russian Railways holding company». Particularly, a goal of the Long-term development program of JSC Russian Railways until 2025, which reads as «attainment of the level of traffic safety that will correspond to the place of the holding company, occupying a leading position among world railways in terms of safety of provided infrastructure services, safety and reliability of all processes», assigns the task of «development of traffic safety culture within the holding company», while main tracks of enhancement of traffic safety management system comprise «maintaining of positive level of traffic safety culture through awareness of holding company's employees of importance and social responsibility while executing work, that has an impact on traffic safety, followed by synchronous integration of mandatory and compulsory rules of conduct into all job processes» [16]. Goals of creation, operation and development of the quality management system comprise elements of the culture of interacting with external customers: «ensuring availability and quality of transport and logistics services in the field of cargo transportation and of passenger transportation in accordance with social standards, as well as growing satisfaction of the customers through growing services' quality at competitive transportation rates» [17].

The Code of Business Ethics as an element of organizational culture is aimed at developing trust and team spirit, thus reflecting the culture of interaction within the company: «JSC Russian Railways develops a *culture of effective corporate communications* based on trust and team spirit» [13].

The use of symbols (brands) are aimed at formation of internal corporate communications, reflecting the elements of culture of interaction within the company: «The Russian Railways brand platform is the basis for formation of the *ideological content of internal corporate communications*» [18].

Work culture (working conditions) are aimed at reducing occupational injuries: «Employees of JSC Russian Railways have to comply with labor protection requirements in performance of their labor duties, comply with labor protection instructions, internal labor regulations, observe production, technological and labor discipline, comply with instructions of the work manager, to participate in monitoring of the state of working conditions and labor protection, to correctly use personal and collective protective equipment...» [19]. This wording reflects elements of culture of management, labor and safety.

The analysis shows that regulatory and methodological documents of JSC Russian Railways are aimed at developing an

organizational culture in terms of certain functional cultures. At the same time, in order to develop a safety culture in the activities of business units of the company, it is advisable to include a complete set of the elements of safety culture into corporate regulatory documents.

Conclusion. Organizational culture as, on the one hand, a set of functional cultures (management culture, culture of interaction within the company, culture of interaction with external customers, safety culture, work culture) and as, on the other hand, a set of elements (values, mission, goals of the company, behavior and communications, symbols, work culture), is a dynamic system that changes during development of the organization itself.

Therefore, it is important to assess the maturity level of all the elements, especially of the safety culture, as a necessary condition for development of organizational culture and, as a consequence, for development of the company as a whole.

REFERENCES

1. Burganova, L. A., Savkina E. G. Human relations: the lessons of Hawthorne experiment [*Chelovecheskie otnosheniya: uroki Khotornskogo eksperimenta*]. *Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii*, 2007, Iss. 3, pp. 91–103.

2. Brazevich, D. S. Sociological analysis of the concepts of organizational (corporate) culture as a factor in development of a modern human resource management paradigm [*Sotsiologicheskiy analiz kontseptsii organizatsionnoi (korporativnoi) kultury kak faktora razvitiya sovremennoi paradigm upravleniya chelovecheskimi resursami*]. *Sotsiologiya i pravo*, 2014, Iss. 1, pp. 30–41.

3. Asaul, A. N., Asaul, M. A., Erofeev, P. Yu., Erofeev, M. P. Organization culture: problems of formation and management [*Kultura organizatsii: problemy formirovaniya i upravleniya*]. St. Petersburg, Gumanistika publ., 2006, 203 p.

4. Spivak, V. A. Corporate culture [*Korporativnaya kultura*]. St. Petersburg, Piter publ., 2001, 352 p.

5. Solomanidina, T. O. Organizational culture of a company: Study guide [*Organizatsionnaya kultura kompanii: Ucheb. posobie*]. 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Infra-M publ., 2013, 624 p.

6. Ouchi, W. G. Theory «Z»: How American business can meet the Japanese challenge. Reading, MA, Addison-Wesley, 1981, 283 p.

7. Sathe, Vijay. Culture and related corporate realities: text, cases, and readings on organizational entry, establishment, and change. Homewood, Ill., R. D. Irwin, 1985, 579 p.

8. Morgan, Gareth. Images of Organization. Beverly Hills, CA., Sage Publications, 1986, 421 p.

9. Safety culture. A Report by the International Nuclear Safety Advisory Group. Safety Series No. 75-INSAG-4. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1991, 44 p.

10. Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group. INSAG Series, 75-INSAG-3 Rev. 1. INSAG-12. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1999, 105 p.

11. Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on railway safety (recast). [Electronic resource]: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32016L0798. Last accessed 20.06.2019.

12. Values of Russian Railways brand [*Tsennosti brenda RZD*]. [Electronic resource]: http://cinet.rzd.ru/static/public/ru? STRUCTURE_ID=5148. Last accessed 01.03.2019.

13. Code of Business Ethics of JSC Russian Railways. Approved by a decision of the Board of Directors of JSC Russian Railways on March 30, 2015 (Minutes No.3) [*Kodeks delovooi etiki OAO «RZD». Utverzhden resheniem soveta direktorov OAO «RZD» 30.03 2015 (protokol* № 3)]. [Electronic resource]: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?id=6582&layer_id=5104&STRUCTURE_ID=704#4703955. Last accessed 20.06.2019.

14. Strategy to ensure guaranteed safety and reliability of the transportation process in Russian Railways holding company. Approved by the order of JSC Russian Railways dated 08.12.2015 No. 2855r [*Strategiya obespecheniya garantirovannoi bezopasnosti i nadezhnosti perevozochnogo protsessa v kholdinge «RZD». Utverzhdena rasporyazheniem OAO «RZD» ot 08.12.2015 № 2855r*]. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=EXP&dst=100564&n=310094&req=doc#08363620062100843. Last accessed 20.06.2019.

15. The development strategy of Russian Railways holding company for the period until 2030 (main provisions). Approved by the Board of Directors of JSC Russian Railways on December 23, 2013 No. 19 [*Strategiya razvitiya kholdinga «RZD» na period do 2030 goda (osnovnie polozheniya). Utverzhdena Sovetom direktorov OAO «RZD» 23.12.2013 № 19*]. [Electronic resource]: http://doc.rzd.ru/doc/public/ru? STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&refererLayerId=5103&id=6396. Last accessed 20.06.2019.

16. Long-term development program of JSC Russian Railways until 2025. Approved by regulation of the Government of Russian Federation No. 466r of 19.03.2019 [*Dolgosrochnaya programma razvitiya OAO «RZD» do 2025 goda*]. [Electronic resource]: http://static.government.ru/media/files/zcAMxApAgyO7PnJ42aXtXAga2RXSVoKu.pdf. Last accessed 20.06.2019.

17. Regulation on quality management system of JSC Russian Railways. Approved by the decision of the Board of Directors of JSC Russian Railways on 07.12.2015, protocol N22 [*Polozheniye o sisteme upravleniya kachestvom OAO «RZD». Utverzhdeno resheniem soveta direktorov OAO «RZD» ot 07.12.2015, protokol N22*]. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP; n=642667#033422808120678993. Last accessed 20.06.2019.

18. Branding assets management strategy of Russian Railways holding company for the period until 2020. Approved by JSC Russian Railways dated 02.07.2015 No. 333 [*Strategiya upravleniya brendingovymi aktivami holdinga RZD na period do 2020 goda*]. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=EXP&dst=100107&n=639322&req=doc#06595089101178269. Last accessed 20.06.2019.

19. STO [Standard] RZD 15.001-2016 «Occupational safety and health management system in JSC Russian Railways. General Provisions». Approved by the order of JSC Russian Railways dated December 29, 2016 No. 2773r [*STO RZD15.001-2016 «Sistema upravleniya okhranoi truda v OAO «RZD». Obshchie polozheniya». Utverzhden rasporyazheniem OAO «RZD» ot 29.12.2016 No. 2773r*]. [Electronic resource]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_279276/. Last accessed 20.06.2019.

УДК 37:656.2
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-246-257

«Лайфхаки» для профориентационной работы в границах Забайкальской железной дороги



Николай РАЕВСКИЙ



Дмитрий КОЖИН



Полина РАЕВСКАЯ

Раевский Николай Владимирович *— Иркутский государственный университет путей сообщения, Чита, Россия.*
Кожин Дмитрий Николаевич *— Забайкальская железная дорога — филиал ОАО «РЖД», Чита, Россия.*
Раевская Полина Евгеньевна *— Иркутский государственный университет путей сообщения, Чита, Россия*.*

Успешная деятельность современных транспортных предприятий во многом зависит от наличия высококвалифицированных и мотивированных на эффективную трудовую деятельность работников. Формирование компетентного коллектива сотрудников невозможно без привлечения новых молодых кадров, делающих осознанный выбор в пользу работы на транспорте. Важнейшим инструментом для этого является организация профориентационной работы в средних образовательных школах, которая позволяет школьникам делать правильный выбор своего будущего, а предприятиям получать заинтересованного специалиста.

Известно множество методик проведения профориентационной работы, однако с учётом особенностей развития новых поколений школьников, необходимо предлагать инновационные программы и менять подходы к реализации уже существующих.

В статье рассмотрен опыт совместной профориентационной деятельности филиалов ОАО «РЖД» и образовательных организаций на территории Забайкальского края.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, профориентационная работа, среднее общее образование, высшее образование.

*Информация об авторах:
Раевский Николай Владимирович – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Забайкальского института железнодорожного транспорта – филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, Чита, Россия, raevskiy_nik@mail.ru.
Кожин Дмитрий Николаевич – заместитель начальника Забайкальской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» по кадрам и социальным вопросам, Чита, Россия, kozhindn@mail.zabtrans.ru.
Раевская Полина Евгеньевна – начальник Центра внеучебной работы и практической подготовки Забайкальского института железнодорожного транспорта – филиала Иркутского государственного университета путей сообщения, Чита, Россия, polina.volo@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 22.02.2019, принята к публикации 06.06.2019

For the English text of the article please see p. 252.

Ученикам средних общеобразовательных школ в год их окончания, в соответствии с законодательством Российской Федерации, необходимо выбрать предметы для сдачи Единого государственного экзамена (ЕГЭ) до февраля-месяца [1]. От выбранного предмета и успешной сдачи экзаменов зависит дальнейшая судьба выпускника и, следовательно, выбор образовательной организации, в которую он сможет подавать документы. Продуманная и ведущаяся в регионе с учётом его социально-экономических условий на постоянной основе профориентационная работа позволяет обучающимся получить более полные сведения о будущей профессии, образовательным организациям – заинтересованного в результатах обучения абитуриента, а работодателям в будущем – компетентного сотрудника. Качество выпускника напрямую связано с качеством профориентационной работы, так как перед вузами стоит задача подготовки компетентных, конкурентоспособных, предприимчивых и инициативных специалистов, востребованных на рынке труда [см., напр., 2].

Сложившийся позитивный опыт взаимодействия крупнейших транспортных предприятий с профильными образовательными организациями позволяет постоянно совершенствовать механизмы и формы профориентационной работы в целях повышения её эффективности.

Целью исследования стал анализ ведения профессиональной ориентации в средних общеобразовательных школах в Дальневосточном федеральном округе Российской Федерации для выявления оптимальных, адаптированных к региональным условиям форм и методов её ведения. Использовались общенаучные *методы*, сравнительный и статистический анализ.

ОБЩИЕ ЗАДАЧИ ПРОФОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ И ЕЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К РЕГИОНУ И ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМУ ТРАНСПОРТУ

Ранее подход к решению проблемы обеспечения персоналом крупных организаций и холдингов основывался на классической модели формирования кадровых ресурсов, которая предусматривала меры по развитию профессиональных компетенций и улучшению социальных гарантий работников отрасли. Однако этот подход практически не учитывал следующие факторы:

- социально-психологические аспекты профессиональных предпочтений;
- профессиональное самоопределение и самореализацию населения;
- выбор места проживания;
- иные факторы мотивационного характера.

Современный подход строится на концепции инвестиций в человеческий потенциал – образование: в непрерывную подготовку кадров, материальную и информационную поддержку трудовых ресурсов на всех стадиях жизненного цикла, в том числе на раннем начале работы с потенциальными работниками, тщательный подбор их с учётом комплекса факторов. Если речь идёт о сотрудниках, имеющих среднее профессиональное или высшее образование, то выиграть на конкурентном поле можно только благодаря глубокому маркетинговому анализу и заблаговременным скоординированным действиям заказчиков выпускников, руководства и коллектива вуза. Такие механизмы успешно применяются во взаимодействии одного из крупнейших российских работодателей – ОАО «РЖД» – с транспортными вузами, в частности во взаимоотношениях его филиала, Забайкальской железной дороги, с Забайкальским институтом железнодорожного транспорта – филиалом Иркутского государственного университета путей сообщения (далее – ЗабИЖТ ИрГУПС). Такой подход особенно актуален для Дальневосточного федерального округа в силу сложившейся социально-демографической ситуации.

Одним из важнейших инструментов формирования качественного контингента обучающихся является профориентационная работа. Существует целый ряд российских и международных документов, определяющих понятие профессиональной ориентации. В ранее действовавшей рекомендации Международной организации труда № 150 «О профессиональной ориентации и профессиональной подготовке в области развития людских ресурсов» было указано, что в числе целей программы профессиональной ориентации должно быть предоставление «детям и молодым людям, ещё не вступившим в ряды рабочей силы, основы для выбора вида образования или профессиональной подготовки с учётом их склонностей, способностей и интересов, а так-

же возможностей занятости»* [3, ст. 8.1]. В заменившей её и действующей сейчас рекомендации МОТ № 195 «О развитии людских ресурсов: образование, подготовка кадров и непрерывное обучение» предусмотрена обязанность государств-членов МОТ «ориентировать граждан в их выборе форм профессиональной подготовки и направлений профессионального роста» [4, ст. 5 e)], «...обеспечивать информацию и консультирование по вопросам профессионально-технической подготовки, рынка труда, развития карьеры, профориентации и занятости, дополняя их информацией о правах и обязанностях всех заинтересованных сторон в соответствии с трудовым законодательством и иными формами регулирования вопросов труда» [4, ст. 8 d)], а также «содействовать равным возможностям и доступу к профессиональной ориентации...» [4, ст. 9 i)]. В соответствии с Конвенцией МОТ о профессиональной ориентации и профессиональной подготовке в области развития людских ресурсов, каждый член этой организации «постепенно расширяет свои системы профессиональной ориентации и системы постоянной информации относительно занятости, с целью обеспечения того, чтобы всесторонняя информация и наиболее широкая ориентация являлись доступными детям, молодым людям и взрослым, включая соответствующие программы для лиц с физическими и умственными недостатками», «такие информация и ориентация охватывают выбор профессии, профессиональную подготовку и связанные с нею возможности образования, положение и перспективы в области занятости, перспективы продвижения по работе, условия труда, безопасность и гигиену труда, а также другие аспекты трудовой жизни в различных областях экономической, социальной и культурной деятельности и на всех уровнях ответственности»; «эта информация и ориентация дополняются информацией по общим аспектам коллективных соглашений и прав и обязанностей всех заинтересованных сторон в соответствии с трудовым законодательством...» [5, ст. 3].

В России это понятие трактуется следующим образом: это комплекс «специальных мер содействия человеку в профессиональном самоопределении и выборе оптимального вида занятости с учётом его потребностей и возможностей, социально-экономической ситуации на рынке труда» [6, п. 1.1].

Это полностью согласуется с положениями Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», предусматривающего свободу выбора получения образования согласно склонностям и потребностям человека, создание условий для самореализации каждого человека, свободное развитие его способностей, включая предоставление права выбора форм получения образования, форм обучения, организации, осуществляющей образовательную деятельность, направленности образования в пределах, предоставленных системой образования [7, пункт 7 статьи 3].

В соответствии с [6] важнейшими направлениями «профессиональной ориентации являются:

• профессиональная информация – ознакомление различных групп населения с современными видами производства, состоянием рынка труда, потребностями хозяйственного комплекса в квалифицированных кадрах, содержанием и перспективами развития рынка профессий, формами и условиями их освоения, требованиями, предъявляемыми профессиями к человеку, возможностями профессионально-квалификационного роста и самосовершенствования в процессе трудовой деятельности;

• профессиональная консультация – оказание помощи человеку в профессиональном самоопределении с целью принятия осознанного решения о выборе профессионального пути с учетом его психологических особенностей и возможностей, а также потребностей общества;

• профессиональный подбор – предоставление рекомендаций человеку о возможных направлениях профессиональной деятельности, наиболее соответствующих его психологическим, психофизиологическим, физиологическим особенностям, на основе результатов психологической, психофизиологической и медицинской диагностики;

• профессиональный отбор – определение степени профессиональной пригодности человека к конкретной профессии (рабочему месту, должности) в соответствии с нормативными требованиями;

• профессиональная, производственная и социальная адаптация – система мер, способствующих профессиональному становлению работника, формированию у него соответствую-

* Приводится в соответствии с текстом на русском языке, размещённым на сайте МОТ.

щих социальных и профессиональных качеств, установок и потребностей к активному творческому труду, достижению высшего уровня профессионализма» [6].

Соответственно в число основных методов профессиональной ориентации входят, наряду с другими, «информирование – индивидуальное, групповое, массовое, непосредственное (лекция, беседа), опосредованное (средствами массовой информации); психологическое и медицинское консультирование» [6].

ПРАКТИКА ЗАБАЙКАЛЬЯ

Профессиональная ориентация как системная и базовая платформа кадрового обеспечения Забайкальской железной дороги и иных структурных подразделений ОАО «РЖД» в регионе включает в себя следующие направления:

• информирование будущих абитуриентов о деятельности ОАО «РЖД», инновационных процессах в компании, внедрении новой техники и технологий, организации работы с молодёжью и реализации молодёжных проектов, основных направлениях и возможностях профессиональной деятельности, социальных льготах, гарантиях и услугах, предоставляемых работникам ОАО «РЖД», а также о взаимодействии компании с образовательными организациями;

• предоставление консультаций о специфике профессий железнодорожного профиля и требованиях, предъявляемых к работникам, перспективах карьерного и профессионально-квалификационного роста, возможностях саморазвития в процессе профессиональной деятельности;

• оказание психологической поддержки учащимся в части формирования позитивного настроя и уверенности в будущем посредством популяризации железнодорожных специальностей и престижа работы в ОАО «РЖД».

Профессиональная ориентация, состоящая из нескольких подсистем [см., напр., 8], в условиях Забайкалья включает в себя следующие из них:

1. Довузовская подсистема:

• посещение школ города Читы и Забайкальского края для информирования учащихся о железнодорожных профессиях, специальностях и условиях поступления;

• дополнительная подготовка учащихся 8–9 классов, желающих поступить в ЗабИЖТ ИрГУПС на обучение по железнодорожным специальностям;

• организация и проведение в вузе и на предприятиях Забайкальской железной дороги дней открытых дверей для потенциальных абитуриентов и их родителей;

• размещение во всех школах наглядной агитации;

• создание игровых и занимательных сайтов по профориентации;

• организация различных интернет-конкурсов;

• проведение дистанционного и практического тура дорожной олимпиады школьников;

• работа с Малой железной дорогой и подготовительными курсами;

• проведение творческих, спортивных, научных конкурсов для школьников и абитуриентов.

2. Вузовская подсистема:

• сопровождение личностного и профессионального развития студентов (адаптационные занятия к обучению в вузе для первокурсников, кураторство, профессиональная диагностика, психолого-педагогическая поддержка профессионального самоопределения обучающихся);

• введение «портфолио» студентов как средства личностного и профессионального развития;

• применение активных форм и методов профориентационной работы (тренингов, деловых игр и др.);

• приоритетная ориентация на инновационную деятельность, научные исследования и разработки;

• создание для студентов и выпускников в газете вуза постоянной странички профориентационной направленности (электронного варианта на сайте).

3. Послевузовская подсистема:

• внедрение дистанционных форм обучения;

• мониторинг эффективности трудоустройства и закрепления выпускников на предприятиях;

• мониторинг удовлетворённости работодателей качеством подготовки выпускников;

• мониторинг потребностей региона в кадровых ресурсах специалистов с высшим образованием.

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА «АГИТАВТОБУС»

Сегодня в Забайкальском крае наименее информированными оказываются школьники из населённых пунктов, расположенных вдале-

	Возможности	Угрозы
Сильные стороны	1. Большой охват средних образовательных школ в населённом пункте, так как возможно посещение каждой из них. 2. Большой охват школьников, так как агитгруппа прибывает непосредственно в школу. 3. Упрощение доставки раздаточных и презентационных материалов. 4. Посещение других образовательных организаций: техникумов, профессиональных училищ и др.	1. Погодные условия, затрудняющие движение автомобильного транспорта.
Слабые стороны	1. Невозможность посещать все школы населённых пунктов, которые находятся по маршруту следования. 2. Невозможность посещать структурные подразделения предприятий, находящихся в населенных пунктах с целью профориентационной работы.	1. Техническая неисправность автомобильного транспорта в пути следования. 2. Возникновение дорожно-транспортного происшествия.

Рис. 1.SWOT-анализ по деятельности «Агитавтобуса».

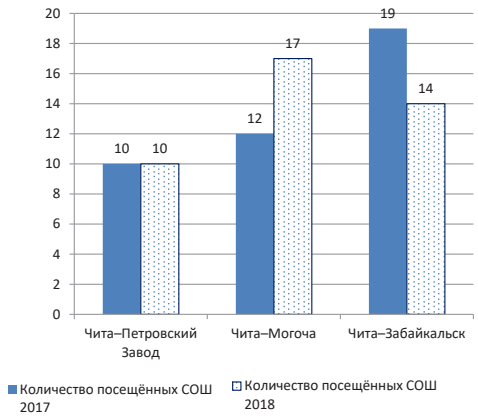


Рис. 2. Количество посещённых школ.

ке от районных центров, крупных городов, так как там затруднён доступ к Интернету, не везде ведётся телевещание местного уровня, ограниченно представлены и другие СМИ. В связи с этим они не могут получать подробную информацию об образовательных организациях, условиях обучения и последующем трудоустройстве. Школьникам тяжело определиться с правильным выбором вуза.

При этом приоритетом у кадровых служб для трудоустройства на раздельных пунктах железнодорожной магистрали являются как раз местные жители, более адаптированные к условиям проживания и знающие условия работы на железнодорожном транспорте. Существует потребность в донесении профориентационной информации до школьной молодёжи станций, расположенных вдоль железнодорожной магистрали.

В прошлом веке эта задача решалась путём организации с помощью отраслевых вузов «Агитпоезда», курсировавшего по сети железных дорог. Многие работники железных дорог выбрали профессию именно под впечатлением от встреч с творческими бригадами этих составов. В современных условиях деятельности ОАО «РЖД» как хозяйствующего субъекта существуют многочисленные организационные и финансовые трудности продолжения такой практики, к главным из которых следует отнести:

• неудобный для организации встреч со школьниками существующий график движения поездов;

• невозможность на длительное время отрывать сотрудников ОАО «РЖД» и вузов от своей непосредственной работы, а студентов от учебы.

В связи с этим на Забайкальской железной дороге как один из элементов довузовской подсистемы профориентационной работы был инициирован и уже второй год успешно реализуется проект «Агитавтобус». Он включает в себя выезд агитационной группы студентов и сотрудников института из города Читы в три локации на полигоне дороги – «Чита–Могоча», «Чита–Забайкальск», «Чита–Петровский Завод» – на автомобильном транспорте. Примерный километраж составляет более 4000 км. В каждом населённом пункте к группе добавляются сотрудники магистрали, работающие на данной станции. В результате реализуется формат комплексной работы со школьниками по модели: «студент – сотрудник института – сотрудник ОАО «РЖД». У обучающихся появляется возможность узнать об особенностях студенческой жизни из первых уст (а в наше время это не только учёба), получить консультацию об условиях приёма в вуз и основных моментах учебного процесса (специальности, общежитие и др.), а также о возможностях будущего трудоустройства и социальных гарантиях в ОАО «РЖД».

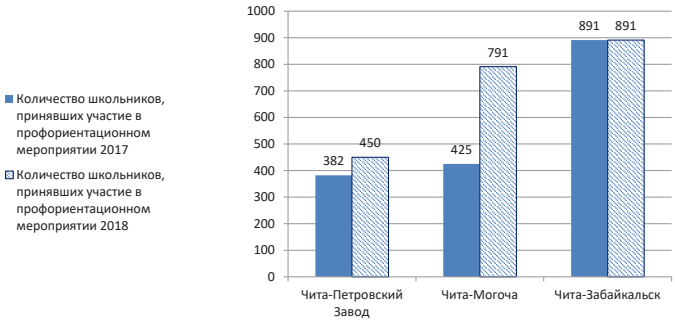


Рис. 3. Количество обучающихся средних образовательных школ.

Нами составлен SWOT-анализ по практике деятельности «Агитавтобуса» (Рис. 1).

За два года работы общее количество посещённых средних образовательных школ (41) в среднем оставалось стабильным (Рис. 2).

Благодаря агитавтобусу и агитгруппе профориентационными встречами за два года было охвачено более 3830 школьников из районов Забайкальского края (Рис. 3). В 2018 году количество обучающихся увеличилось на 400 человек.

По результатам работы выявлены следующие преимущества профориентационных мероприятий с использованием «агитавтобуса» по сравнению с «агитпоездом»:

1. ниже затраты по реализации проекта;

2. намного проще составление маршрута движения, так как отсутствует необходимость в согласовании движения со смежными структурными подразделениями, участвующими в перевозочном процессе по железной дороге;

3. больший охват средних образовательных школ и учебных заведений населённых пунктов;

4. отсутствует продолжительный отрыв от производства представителей ОАО «РЖД», так как они присоединяются к профориентации непосредственно на раздельных пунктах.

Показателями эффективности профориентационной работы явилось поступление в 2018 году в ЗабИЖТ 350 чел. из посещённых населённых пунктов, в том числе на основе договоров о целевом приёме (обучении), и, главное, трудоустройство 80 % из окончивших ИрГУПС (ЗабИЖТ) на предприятия железнодорожного транспорта региона [9].

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Учитывая, что профориентация – это творческое направление работы, которое постоянно требует новых подходов к своей организации, выпуск из средних общеобразовательных школ обучающихся поколения «Z» подталкивает к более инновационным методам её осуществления, однако и модернизация сложившихся форм работы себя вполне оправдывает.Свидетельством этому служит накопленный положительный опыт проведения информационных встреч со школьниками с помощью «Агитавтобуса», которому в ближайшей перспективе гарантировано достойное место в ряду профориентационных мероприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порядок приёма на обучение по программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры. Приказ № 1147 от 14.10.2015 г. Министерства образования и науки Российской Федерации.

2. Грецов А., Бедарева Т. 100 популярных профессий: психология успешной карьеры для старшеклассников и студентов. – СПб.: Питер, 2009. – 270 с.

3. Рекомендация Международной организации труда № 150 «О профессиональной ориентации и профессиональной подготовке в области развития людских ресурсов». [Электронный ресурс]: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—-ed_norm/—-normes/documents/normativeinstrument/wcms_r150_ru.htm. Доступ 06.05.2019.

4. Рекомендация Международной организации труда № 195 «О развитии людских ресурсов: образование, подготовка кадров и непрерывное обучение». [Электронный ресурс]: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—-ed_norm/—-normes/documents/normativeinstrument/wcms_r195_ru.htm. Доступ 06.05.2019.

5. Конвенция Международной Организации Труда № 142 «О профессиональной ориентации и профессиональной подготовке в области развития людских ресурсов». [Электронный ресурс]: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/—-ed_norm/—-normes/documents/normativeinstrument/wcms_c142_ru.htm. Доступ 06.05.2019.

6. Постановление Минтруда РФ от 27 сентября 1996 г. № 1 «Об утверждении Положения о профессиональной ориентации и психологической поддержке населения в Российской Федерации».

7. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ.

8. Безус Ж. Н., Жукова Ю. П., Кузнецова И. В., Радченко В. В., Совина К. В., Холодилова Ю. К. Путь к профессии: основы активной позиции на рынке труда: Учеб. пособие. – Ярославль: Центр «Ресурс», 2003. – 152 с.

9. Забайкальский край – Портал мониторинга трудоустройства выпускников. [Электронный ресурс]: http://vo.graduate.edu.ru/passport#/?items=76&slice=6&year=2015&year_monitoring=2016. Доступ 06.05.2019. ●

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-246-257

Lifehacks for Career Guidance within the Boundaries of Zabaikalkskaya Railway







Nikolay V. RAEVSKY **Dmitry N. KOZHIN** **Polina E. RAEVSKAYA**

Raevsky, Nikolay V., *Zabaikalsky Institute of Railway Transport – a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, Russia.*
Kozhin, Dmitry N., *Zabaikalskaya Railway – a branch of JSC Russian Railways, Chita, Russia.*
Raevskaya, Polina E., *Zabaikalsky Institute of Railway Transport – a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, Russia*.*

ABSTRACT

The success of modern transport enterprises depends largely on availability of highly qualified employees, motivated for effective work. The formation of a competent team of employees is impossible without involvement of new young personnel who make an informed choice in favor of working in transport field. The most important tool for this is organization of career guidance in secondary schools, which allows schoolchildren to make a right choice for their future, and permits enterprises to get a well-informed and involved employee.

There are many known methods of conducting career guidance work, however, taking into account the peculiarities of development of new generations of schoolchildren, it is necessary to offer innovative programs and change approaches to implementation of existing ones.

The article discusses the experience of joint career guidance activities of branches of JSC Russian Railways and educational organizations in Zabaikalsky region.

Keywords: railway transport, career guidance, secondary general education, higher education.

*Information about the authors:
Raevsky, Nikolay V. – Ph.D. (Eng), associate professor, deputy director of Zabaikalsky Institute of Railway Transport – a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, Russia, raevskiy_nik@mail.ru.
Kozhin, Dmitry N. – deputy head for staff and social issues of Zabaikalskaya Railway – a branch of JSC Russian Railways, Chita, Russia, kozhindn@mail.zabtrans.ru.
Raevskaya, Polina E. – head of the Center for extracurricular activities and practical training of Zabaikalsky Institute of Railway Transport – a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, Russia, polina.volo@mail.ru.

Article received 22.02.2019, accepted 06.06.2019

For the original Russian text please see p. 246.

Introduction and background. Pupils of secondary schools in their year of graduation, in accordance with the legislation of the Russian Federation, must choose subjects for passing the Unified State Exam (USE) until February [1]. The future destiny of a graduate and, consequently, the choice of the educational organization to which he will be able to apply in view of possible enrolment depends on the chosen subject and successful passing of exams. Career-guidance work thought out and conducted in the region on an ongoing basis and considering regional socio-economic conditions allows schoolchildren to obtain more complete information about future profession, permits educational organizations to get the applicants interested in the results of training, and allows employers to hire in future competent employees. Quality of a graduate is directly related to quality of career guidance, since universities face the objective of training competent, competitive, entrepreneurial, and proactive professionals who are in demand on the labor market [see, for example, 2].

The existing positive experience in interaction of the largest transport enterprises with specialized educational organizations allows to constantly improve the mechanisms and forms of career guidance in order to increase its effectiveness.

The *objective* of the study was to analyze the conduct of vocational guidance in secondary schools in the Far Eastern Federal District of the Russian Federation, to identify optimal forms and methods of its management adapted to regional conditions. The study used general scientific *methods*, comparative and statistical analysis.

General tasks of career guidance and its features with regard to the region and to the railway transport

Previously, the approach to solving the problem of staffing of large organizations and holding companies was based on the classical model of development of personnel, which provided for measures to develop professional competencies and improve social guarantees for an industry's employees. However, this approach practically did not take into account the following factors:

- socio-psychological aspects of professional preferences;
- professional self-identification and self-realization of the population;
- choice of place of residence;
- other factors of motivational nature.

The modern approach is based on the concept of investing in human capacity that is in education, comprising continuous training of personnel, material and informational support of labor resources at all stages of the life cycle, and particularly at the early phase of work with potential employees, their careful selection taking into account a complex of factors. If we are talking about employees with secondary vocational or higher education, then it is possible to win in the competitive area only thanks to in-depth marketing analysis and well-coordinated advance actions of future employers of graduates («customers»), management and the university staff. Such mechanisms are successfully used in interaction of one of the largest Russian employers – JSC Russian Railways with transport universities, in particular, of its branch – Zabaikalskaya Railway* with Zabaikalsky Institute of Railway Transport – a branch of Irkutsk State Transport University. Such an approach is especially relevant for the Far Eastern Federal District, because of the prevailing socio-demographic situation.

Career guidance is one of the most important tools for formation of a high-quality student population. There are several Russian and international documents that define career guidance. Now replaced Human Resources Development Recommendation, 1975 (No. 150) concerning Vocational Guidance and Vocational Training in the Development of Human Resources of the International Labour Organisation stipulated that one of main objectives of vocational guidance programmes was to «provide children and young persons not yet in the labour force with the basis for choosing a line of education or vocational training in the light of their aptitudes, abilities and interests and of employment opportunities» [3, art. 8.1]. The up-to-date ILO Human Resources Development Recommendation, 2004 (No. 195) concerning Human Resources Development: Education, Training and Lifelong Learning stipulates that Members should «...guide individuals in their choice of

* The noun Zabaikalie and relevant adjectives mean «Trans-Baikal» or «Transbaikal». – *translator's note.*

training and career...» [4, art. 5 e)], «...ensure provision of vocational, labour market and career information and guidance and employment counselling, supplemented by information on the rights and obligations of all concerned under labour-related laws and other forms of labour regulation...» [4, art. 8 d)], as well «...promote equal opportunities for, and access to, career guidance...» [4, art. 9 i)]. ILO Human Resources Development Convention, 1975 (No. 142) concerning Vocational Guidance and Vocational Training in the Development of Human Resources provides that «each Member shall gradually extend its systems of vocational guidance, including continuing employment information, with a view to ensuring that comprehensive information and the broadest possible guidance are available to all children, young persons and adults, including appropriate programmes for all handicapped and disabled persons»; «such information and guidance shall cover the choice of an occupation, vocational training and related educational opportunities, the employment situation and employment prospects, promotion prospects, conditions of work, safety and hygiene at work, and other aspects of working life in the various sectors of economic, social and cultural activity and at all levels of responsibility»; «The information and guidance shall be supplemented by information on general aspects of collective agreements and of the rights and obligations of all concerned under labour law...» [5, art. 3].

The concept of career guidance is interpreted in Russia as a set of «particular measures to assist an individual in vocational self-identification and choice of optimal type of occupation with respect to his needs and capabilities, and to social and economic situation in the labor market» [6, art. 1.1].

This is fully consistent with the provisions of the Federal Law of the Russian Federation «On Education», which provides for freedom to choose and receive education in accordance with the person's interests and needs, for creation of conditions for self-realization of each person, for free development of his abilities, including the right to choose forms of education, forms of learning, educational organization, the profile of education to the extent provided by the education system [7, item 7 of Article 3].

In accordance with [6] the most important areas of career guidance are:

• professional information: familiarization of various population groups with modern types of production, the state of the labor market, the needs of the economic entities for qualified personnel, the content and prospects of development of the market regarding given occupations, forms and conditions of vocational training, requirements to a person that are defined by occupations, the opportunities for professional growth and self-improvement in the process of labor activity;

• professional consultation: assisting a person in professional self-identification with the aim of making an informed decision about choosing a professional path, considering his psychological characteristics and capabilities, as well as the needs of society;

• professional identification: providing recommendations to a person about possible areas of professional activity that are most relevant to his psychological, psychophysiological, physiological characteristics, based on the results of psychological, psychophysiological and medical diagnostics;

• professional selection: determining the degree of professional suitability of a person to be employed in a particular profession (workplace, position) in accordance with regulatory requirements;

• professional, industrial and social adaptation: a system of measures that contribute to professional development of an employee, development of his relevant social and professional qualities, attitudes and needs for active creative work, achievement of the highest level of professionalism» [6].

Accordingly, the main methods of career guidance include, among others, « individual, group, mass, direct (lecture, conversation), mediated (by the media) informing, psychological and medical counseling» [6].

Practices of Zabaikalskaya Railway

Career guidance as a system and base platform for staffing Zabaikalskaya Railway and other structural divisions of JSC Russian Railways in the region includes the following areas:

• informing future applicants about the activities of JSC Russian Railways, innovative processes in the company, introduction of new equipment and technologies, organization of work with young people and implementation

of youth projects, the main areas and opportunities for professional activities, social benefits, guarantees and services provided to employees of JSC Russian Railways, as well as interaction of the company with educational organizations;

• providing advice on the specifics of railway professions and requirements for employees, career prospects and professional development, opportunities for self-development in the process of professional activity;

• providing psychological support to students regarding formation of a positive attitude and confidence in the future through promotion of railway specialties and the prestige of working at JSC Russian Railways.

Professional orientation, consisting of several subsystems [see, for example, 8], under the conditions prevailing in Zabaikalsky region includes the following:

1. Pre-university subsystem:

• visiting schools in the city of Chita and Zabaikalsky region to inform schoolchildren about railway professions, specialties and conditions of admission;

• additional training for pupils in grades 8–9 who wish to enter Zabaikalsky institute of railways transport for training in railway specialties;

• organization of «days of open doors» for potential applicants and their parents at the university and at the enterprises of Zabaikalskaya Railway;

• placement of visual materials in all schools;

• creation of gaming and entertaining career guidance sites;

• organization of various online contests;

• conducting a remote and an in-class practical tour of the school Olympiad organized by Zabaikalskaya Railway;

• work with the Small Railway[**] and preparatory courses;

• conducting creative, sports, scientific competitions for schoolchildren and applicants.

2. University subsystem:

• support of students' personal and professional development (adaptation classes for studying at a university for first-year students, supervision, professional diagnostics, psychological and pedagogical support for students' professional self-identification);

• introduction of a «portfolio» of students as a means of personal and professional development;

• use of active forms and methods of career guidance (trainings, business games, etc.);

• priority focus on innovation, research and development;

• creation for students and graduates of a permanent page of career guidance in the newspaper of the university (or/and its e-version on the Website).

3. Post-university subsystem:

• introduction of distance learning;

• monitoring of effectiveness of employment and retention of graduates in enterprises;

• monitoring of employers' satisfaction with quality of graduate training;

• monitoring of needs of the region in human resources, particularly regarding employees with higher education.

Development of the project «Campaigning bus[***]»

Today, in Zabaikalsky region, the least informed are schoolchildren from settlements located far from district centers and large cities, since the access to Internet is sometimes limited, local television does not broadcast everywhere, the choice of other media is also limited. In this regard, they cannot receive detailed information about educational organizations, educational conditions and subsequent employment. So, it is hard for schoolchildren to decide on a right choice of a university.

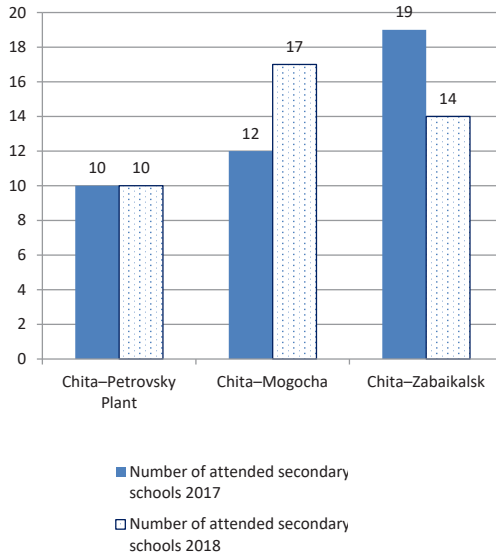
At the same time, railway human resources services consider residents of local settlements as a priority group for employment at separate railway points as the residents are more adapted to living conditions and know the working conditions in railway transport. So, there is a need to bring career guidance information to

[**] In Russia it is usually an autonomous dedicated short-distance railway section, organised by Russian railway, open for passengers, particularly for younger passengers and their parents, operated by trainees executing the functions of railway employees under the guidance and supervision of railway instructors (except for some safety sensible positions). The children's railway reproduces all the facilities of a railway, using specially designed smaller rolling stock and all usual railway technics (signalling, switches, ticket desks etc.). The trainees are schoolers who are interested in railway jobs and who attend the courses at children's railway. – *Ed. note.*

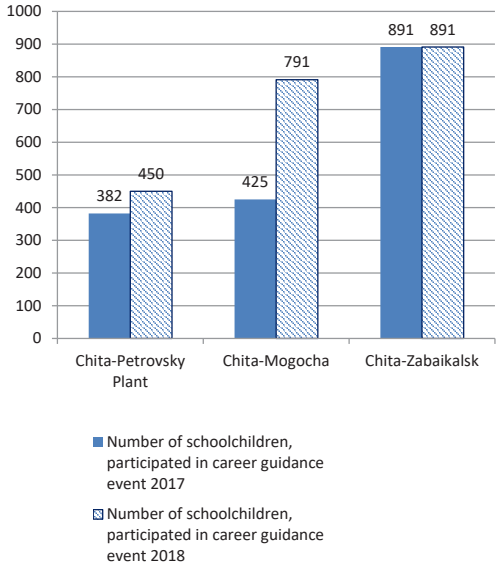
[***] The first Russian original word alludes to shortened old-time term related to propaganda or canvassing campaigns making it sound attractive. – *Ed. note.*

	Opportunities	Threats
Strong sides	1. Large coverage of secondary schools in a focus settlement, as it is possible to visit each of them. 2. Great coverage of schoolchildren, since the campaigning group arrives directly at school. 3. Simplification of delivery of handouts and presentation materials. 4. Visiting other educational organizations: technical schools, vocational schools, etc.	1. Weather conditions that impede movement of road transport.
Weak sides	1. Inability to attend all schools of settlements that are along the route. 2. Inability to visit structural units of enterprises located in settlements for the purpose of career guidance.	1. Technical malfunction of road transport along the route. 2. Occurrence of a road traffic accident.

Pic. 1. SWOT analysis of the activities of «Campaining bus».



Pic. 2. The number of schools attended.



Pic. 3. The number of schoolchildren in secondary schools who participated in career guidance events.

school youth of stations located along the railway.

During the last century, this problem was solved by organizing, with the help of universities specialized in training students for railways, of a «Campaigning train», which ran along the railway network. Many railway employees chose the profession precisely under the impression of meetings with creative teams of these trains. In the current conditions of the activities of JSC Russian Railways as a business entity, there are numerous organizational and financial difficulties to continue such practices, the main of which are:

• existing train schedule is inconvenient for organizing meetings with schoolchildren;

• employees of JSC Russian Railways and universities, either students can't be absent respectively from job places or studies for a long time.

In this regard, the «Campaigning bus» has been successfully introduced on Zabaikalskaya Railway and has been operated for two successive years as one of the elements of pre-university subsystem of career guidance. Within this project a campaign group of students and employees of the institute travels, using road transport, from the city of Chita to three locations along the railway passing by three itineraries: «Chita–Mogocha», «Chita–Zabaikalsk», «Chita–Petrovsky Plant». Approximate mileage is more than 4000 km. In each settlement, railway employees working at this or that station join the group. As a result, a comprehensive model of work with schoolchildren in the format «student – employee of the institute – employee of JSC Russian Railways» has been implemented.

Schoolchildren have an opportunity to get first-hand information about the features of student life (that currently goes far beyond study), advice on the conditions for admission to the university and on the main points of the educational process (specialties, dormitories, etc.), as well as on possibilities of future employment and social guarantees at JSC Russian Railways.

We have compiled a SWOT analysis of the practice of «Campaigning bus» activity (Pic. 1).

During two years of operation, the total number of attended secondary schools (41) on average remained stable (Pic. 2).

Thanks to the campaigning bus and the campaigning group, over 3830 schoolchildren from Zabaikalsky region have been covered by career guidance meetings over two years (Pic. 3). In 2018, the number of schoolchildren increased by 400 people.

According to the results of the work, the following advantages of career guidance measures using «campaigning bus» compared with «campaigning train» have been identified:

1. lower cost of the project;

2. it is simpler to compile a route of movement, since there is no need to coordinate traffic with related structural units involved in the transportation process by rail;

3. greater coverage of secondary schools and educational institutions of settlements;

4. there is no need for the representatives of JSC Russian Railways to be absent at job for a long time, as they join career guidance event directly at separate points where they work.

The effectiveness of career guidance project can be determined by the following indicators. In 2018 350 people from the visited settlements entered Zabaikalsky railway institute, including those who enrolled on the basis of contracts on so called targeted training[****], and, most importantly, 80 % of those who graduated from Zabaikalsky railway institute were employed by the region's railway transport enterprises [9].

Brief conclusions. Considering that career guidance is a creative activity that constantly requires new approaches in its organization, graduation of the «Z» generation schoolchildren from secondary schools encourages more innovative methods for its implementation, however, modernization of existing forms of career guidance is also fully justified. This is proved by accumulated positive experience of information meetings with schoolchildren with the help of «Campaigning bus». This project has guaranteed for itself a worthy place within the range of career guidance activities in the nearest future.

**** A sort of pre-employment contract between a student, university and employer, according to which employer provides some social benefits, organizes internships and pays for extra courses tuned to his needs, and a student has to be employed at employer's enterprise after graduation. – *Ed. note*.

REFERENCES

1. The procedure for admission to study in higher education programs – bachelor's, specialist's and master's programs. Order No. 1147 dated 14.10.2015 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation [*Poryadok priema na obuchenie po programmam vysshego obrazovaniya – programmam bakalavriata, spetsialiteta i magistratury. Prikaz № 1147 ot 14.10.2015 Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiiskoi Federatsii*].

2. Gretsov, A., Bedareva, T. 100 popular professions: psychology of a successful career for high school schoolchildren and students [*100 populyarnykh professii: psikhologiya uspechnoi kar'ery dlya starsheklassnikov i studentov*]. St. Petersburg, Piter publ., 2009, 270 p.

3. R150 Human Resources Development Recommendation, 1975 (No. 150). Recommendation concerning Vocational Guidance and Vocational Training in the Development of Human Resources [Electronic resource]: https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:2375925335661:: NO:: P12100_SHOW_TEXT: Y: Last accessed 06.05.2019.

4. R195 Human Resources Development Recommendation, 2004 (No. 195). Recommendation concerning Human Resources Development: Education, Training and Lifelong Learning. [Electronic resource]: https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=1000:12100:2375925335661:12100: NO:: P12100_INSTRUMENT_ID:312533: Last accessed 06.05.2019.

5. C142 Human Resources Development Convention, 1975 (No. 142). Convention concerning Vocational Guidance and Vocational Training in the Development of Human Resources. [Electronic resource]: https://www.ilo.org/dyn/normlex/en/f?p=NORMLEXPUB:12100:0:: NO:12100: P12100_INSTRUMENT_ID:312287: NO. Last accessed 06.05.2019.

6. Decree of the Ministry of Labor of the Russian Federation of September 27, 1996 No. 1 «On approval of the Regulation on career guidance and psychological support of the population in the Russian Federation» [*Postanovlenie Mintruda RF ot 27 sentyabrya 1996 No. 1 «Ob utverzhdenii Polozheniya o professionalnoi orientatsii i psikhologicheskoi podderzhke naseleniya v Rossiiskoi Federatsii»*].

7. Federal Law «On Education in the Russian Federation» dated 29.12.2012 No. 273-FZ [*Federalniy zakon «Ob obrazovanii v Rossiiskoi Federatsii» ot 29.12.2012 No. 273-FZ*].

8. Bezus, Zh. N., Zhukova, Yu. P., Kuznetsova, I. V., Radchenko, V. V., Sovina, K. V., Kholodilova, Yu. K. The path to the profession: the basics of an active position in the labor market: Study guide [*Put' k professii: osnovy aktivnoi pozitsii na rynke truda: Ucheb. posobie*]. Yaroslavl, Tsentr «Resurs» publ., 2003, 152 p.

9. Zabaikalsky territory – Portal for monitoring of employment of graduates. [Electronic resource]: http://vo.graduate.edu.ru/passport#/?items=76&slice=6&year=2015&year_monitoring=2016. Last accessed 06.05.2019.

ЕВРОПЕЙСКИЙ ЧЕМПИОНАТ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАМВАЕВ – 2019

4 мая 2019 года в Брюсселе водители трамваев со всей Европы участвовали в восьмом чемпионате континента, собравшем рекордное число участников – 25 команд из 21 европейской страны.

Различные задания были посвящены работе в команде, мастерству и скорости вождения, и все они, конечно, предполагали немного удачи. Конкурс был построен на основе тех задач, с которыми ежедневно сталкиваются водители трамваев. Например, при наличии препятствий в виде припаркованных автомобилей цель состояла в том, чтобы правильно оценить боковую дистанцию и обеспечить безаварийный проезд вагона. Другие задания включали оценку скорости без помощи спидометра, торможение непосредственно у обозначенного объекта, остановку с заданным расположением второй двери и популярный трамвайный боулинг. Каждая участвующая транспортная компания для прохождения конкурса выставляла команду, состоящую из мужчины и женщины-водителей.

Самыми успешными оказались водители из Брюсселя, второе и третье места заняли команды из Москвы и Орадеи. Лучшими женщинами-водителями стали Лоуренс Меерт из Брюсселя, Линда Брэндон из Роттердама и Николь Правдова из Праги. Среди мужчин лучшим стал Тьяго Феррейра из Люксембурга, вторым – Антон Медведев из Москвы, а третьим – Месут Таскаран из Брюсселя.

Соревнования в Брюсселе проходили в присутствии нескольких тысяч зрителей, а ещё около 50 тыс. зрителей следили за чемпионатом в Интернете.

На основе информации официального сайта чемпионата https://tramem.eu/?p=3627&lang=en#more-3627 (текст) и официального сайта мэра Москвы https://www.mos.ru/en/news/item/55036073/ ●

EUROPEAN'S TRAMDRIVER CHAMPIONSHIP 2019

On May 4, 2019, tram drivers from all over Europe celebrated the 8th European Championship in Brussels with a record number of 25 teams from 21 European countries.

The different disciplines were about teamwork, skill, speed and of course a bit of luck. The competition was based on the daily challenges of the tram pilots. For example, when estimating the lateral distance, the aim was to correctly assess obstacles such as parked cars in order to ensure an accident-free crossing with the tram. Further disciplines included speed estimation with covered speedometer, target braking, exact stop with door 2 and the popular tram bowling. Each participating transport company provided a team of a male driver and a female driver to master the challenges.

The most successful drivers were from Brussels, followed by the teams from Moscow and Oradea. The best female drivers are Laurence Meert of Brussels, followed by Linda Brandon of Rotterdam and Nikol Pravdova of Prague. Best driver was Tiago Ferreira from Luxembourg, followed by Anton Medvedev from Moscow and Mesut Tascaran from Brussels.

Thousand visitors celebrated in Brussels and more than 50,000 spectators followed the TramDriver championship live in the Internet.

Compiled based on the information of the official Web-site of the championship https://tramem.eu/?p=3627&lang=en#more-3627 (text) and Moscow mayor official web-site https://www.mos.ru/en/news/item/55036073/ ●

КОЛЕСО ИСТОРИИ • HISTORY WHEEL

ИСТОРИЯ РОССИЙСКОГО ТРАНСПОРТНОГО ПРАВА 260

Развитие транспортной инфраструктуры и транспортное право: экспертный экскурс в историю от древних времён до XIX века.



ПРЕСС-АРХИВ: ПУБЛИКАЦИИ 1909 ГОДА 278, 282

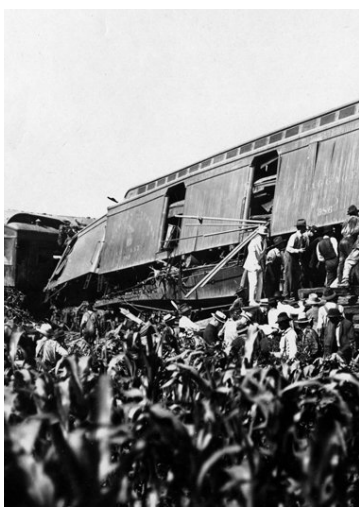
• И снова о рельсовом кризисе в Северной Америке.
• Вокруг Московской кольцевой дороги.
• Московские диаметры: не о них ли шла речь 110 лет тому назад?
• Большой Москвы и Московского транспортного узла ещё не было, а вопрос о наилучшем соединении столицы с Подмосковьем уже обсуждался, в том числе и в техническом, коммерческом и тарифном плане.

THE HISTORY OF RUSSIAN TRANSPORT LAW 270

Development of transport infrastructure and transport law in Russia: expert excursus on the history from ancient times to 19th century.

PRESS ARCHIVES: PUBLICATIONS OF 1909 280, 285

• Once again on the rail crisis in North America.
• Around Moscow circular railway.
• Moscow transport diameters: they were discussed 110 years ago, weren't they?
• Big Moscow and Moscow transport hub did not exist, but the topic of better connection of Moscow with Moscow region was under discussion, comprising its engineering, commercial and tariff aspects.



УДК 656.2.347.763(09)
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-260-277

Зарождение системы управления путями сообщения и транспортного законодательства России в IX–XVIII веках





Юрий ПЕТРОВ **Александр ЗЕМЛИН** **Ольга ЗЕМЛИНА**

Петров Юрий Иванович *– Российский университет транспорта, Москва, Россия.*
Землин Александр Игоревич *– Российский университет транспорта, Москва, Россия.*
Землина Ольга Михайловна *– Российский университет транспорта, Москва, Россия.*

В статье проанализированы российские историко-правовые памятники, содержащие нормы, регулирующие общественные отношения, возникавшие в процессе становления водного и сухопутного дорожного дела, развития транспортных коммуникаций, формирования государственного управления транспортной сферой.

Предметом исследования выступили важнейшие нормы российского транспортного законодательства.

Целью исследования было научное изучение опыта правового регулирования транспортных отношений в исторический период с IX по XVIII век в целях выявления основных этапов развития и периодизации отечественного транспортного права.

Исследование осуществлено с использованием методов правового анализа, в том числе формально-догматического, позволившего вскрыть отдельные недостатки и пробелы правового регулирования, историко-правового, который в сочетании с приёмами таксономического анализа сделал возможным осуществление авторской периодизации становления транспортного законодательства в исследуемый период. Использование достижений правовой герменевтики и инструментария лингво-семиотического и семантического подходов обеспечили возможность уяснения содержания правовых норм и юридических документов, относящихся к рассматриваемому периоду.

Результаты исследования представляют интерес с точки зрения выявления исторических закономерностей развития транспортного права, дают возможность оценить роль и место транспортного законодательства в системе правовых регуляторов общественных отношений. Представленные научные результаты с учётом уже имеющихся и практически фундированных наработок могут послужить отправной точкой для дальнейшей дискуссии о перспективах, тенденциях и направлениях развития российского транспортного права и транспортного законодательства.

Ключевые слова: транспорт, транспортное законодательство, историко-правовой анализ, исторические этапы, пути сообщения.

---

*Информация об авторах:
Петров Юрий Иванович – кандидат исторических наук, доцент, доцент кафедры таможенного права и организации таможенного дела Российского университета транспорта, Москва, Россия, Petrov52@ro.ru.
Землин Александр Игоревич – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортного права Российского университета транспорта, Москва, Россия, kafedratp@mail.ru.
Землина Ольга Михайловна – кандидат юридических наук, доцент кафедры транспортного права Российского университета транспорта, Москва, Россия, kafedratp@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 02.04.2019, принята к публикации 16.05.2019.

For the English text of the article please see p. 270.

Вопросы правового регулирования транспортных отношений во все времена относились к числу имевших самое существенное значение для экономического и социального развития государства и общества, что с необходимостью детерминировано ролью и значением транспорта. Транспорт, хотя и не создаёт новых предметов материального мира, является необходимым условием обеспечения нормального функционирования отраслей экономики и торговли. Поскольку продукция транспорта как отрасли материального производства – это деятельность по территориальному перемещению грузов или людей, постольку транспорт является связующим звеном экономики страны, охватывающим все виды общественного производства, распределения и обмена. Транспортные отношения находятся в тесной связи с другими социально-экономическими отношениями, что во многом определяет их природу, а также потребность в их полном и ригоричном регулировании с использованием правовых норм.

Очевидно, что адекватно и полно познать какое-либо социальное явление возможно только через изучение его исторических корней, исследование его генезиса.

Профессор права Московского университета А. Н. Филиппов определял задачу историко-правового подхода к юридическим исследованиям следующим образом: *«Какое бы юридическое понятие мы ни взяли в истории...,* каждое из них пережило длинный ряд изменений, прежде чем предстало перед нами в том развитом и расчленённом образе, в каком оно является в современных юридических теориях или законодательствах различных стран. Над видимым хаосом беспорядочной смены одних юридических норм и учреждений другими царит, в действительности, строгая последовательность правовых явлений, причинная зависимость одних от других, преемственность их развития» [1, с. 231–232].

Вопросам исследования истории становления и развития транспорта в России посвящено немало работ, вышедших из-под пера известных представителей научного сообщества и государственных деятелей – С. Ю. Витте, А. А. Головачова, С. М. Житкова, И. М. Рабиновича, Н. А. Кислинского, П. П. Мигулина, И. Х. Озерова, А. И. Чупрова, А. С. Сенина, Д. Ю. Левина, А. В. Постникова и многих других. При этом предметом исследования одних являлись общеисторические сведения, попутно затрагивающие транспортную проблематику, иных – непосредственно вопросы, посвящённые истории транспорта, чаще всего железнодорожного.

Вместе с тем имеется явный дефицит внимания к научным исследованиям указанной проблемы со стороны специалистов в области юриспруденции. Предметом исследования учёных-юристов становились только отдельные временны*е* этапы становления и развития транспортного законодательства, регулирующего общественные отношения, связанные с конкретными отраслями транспорта.

Тем не менее результаты имеющихся немногочисленных историко-правовых исследований, имеющих комплексный характер, свидетельствуют о том, что правовому регулированию и организации транспортной деятельности в России во все времена придавалось особое значение, предопределённое их значением для развития экономики и обороны страны [2, с. 5–32].

В ходе нашего исследования мы постарались выделить основные этапы зарождения и развития транспортного права, ориентируясь, в первую очередь, на сферу правового регулирования государственного управления путями сообщения или, выражаясь современным языком, транспортной инфраструктурой, не останавливаясь на детальном анализе законодательства, регулирующего перевозочный процесс, осуществляемый различными видами транспорта, что в год 210-летия единого транспортного ведомства несомненно будет освещено в других публикациях.

ЗАРОЖДЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ДРЕВНЕЙ РУСИ

Ещё до создания древнерусского государства появились транспортные линии, по которым осуществлялись торговые отношения племенных союзов, в основном это были водные пути. Дальнейшее разви-



Владимир I Святославич (др.-русск. Володимеръ Сватславь (ок. 960–1015)) – Киевский великий князь.



Алексей I Михайлович, прозванный Тишайшим (1629–1676) – десятый Царь всея Руси. Годы правления: 1645–1676 гг.

тие путей сообщения привело к зарождению и становлению транспортного законодательства в Древней Руси.

Русские князья издревле начали заботиться об устройстве дорог и мостов и вообще о путях сообщения, правда, вначале руководствуясь военными соображениями.

В летописи 1014 года сказано: «и рече Володимер требите путь и мостите мосты хотяшеть бо на Ярослава ити*» [3, с. 36]. Такие сборы, как мостовщина** и перевоз***, принадлежащие к числу древнейших торговых пошлин, обеспечивали работы по строительству и эксплуатации дорог и мостов. Кроме того, мостовщина выступала и как повинность, лежавшая на населении и состоявшая в устройстве мостов через реки, а также деревянных настилов на улицах населённых пунктов и дорог вообще. Древнейшее известие о ней содержится в Русской Правде в редакции XI века [4, с. 154].

Принятый в 60-е годы XIII века «Устав князя Ярослава о мостех» [5, с. 236–238] содержал нормы по организации мощения главных торговых магистралей Новгорода и дорог, ведущих к пристаням и к месту городской торговли. Уставом устанавливались развёрстка для населения мостовой повинности, порядок организации строительства и ремонта моста через Волхов и доставки сплавом строительных материалов для мощения торговых проездов и ремонта мостов.

СТАНОВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В МОСКОВСКОМ ГОСУДАРСТВЕ (XVI–XVII ВЕКА)

Столетиями устройство мостов и перевозов из-за недостатка средств у правительства осуществлялось как личная повинность граждан. Такая практика сохранялась ещё и в XVI веке. Например, грамотой 1596 года было установлено, что мосты на малых речках, пострадавшие во время весеннего разлива, должны ремонтироваться «ближними сохами», то есть, крестьянами. О повинности мостить мосты упоминается также и во многих жалованных грамотах.

В первой половине XVII века наблюдался заметный рост ремёсел, торговли, складывался единый рынок страны. Эти процессы сделали в значительно большей мере, чем в предшествующие годы, необходимым государственно-правовое регулирование режима внутренних путей сообщения и их финансового обеспечения.

В середине XVII столетия заметно возросла законодательная деятельность Московского государства, усилилось стремление правительства подвергнуть правовой регламентации всё больше сторон и явлений общественной и государственной жизни. Венцом правотворческой деятельности стало создание Соборного уложения 1649 года.

Дорожное правовое регулирование, сложившееся к этому времени, получило в нём наиболее полное выражение. Главу IX Уложения «О мытах, и о перевозах, и о мо-

---

* Здесь и далее – цитаты из некоторых исторических правовых актов, названия документов и органов управления приводятся в изначальном написании – прим. ред.

** Мостовщина – пошлина взималась за проезд через мост.

*** Перевоз – пошлина взималась при переправе через реку.

стах» составили нормы двух направлений регулирования общественных отношений: регламентация сбора проезжих пошлин и обеспечение сохранности и благоустройства дорог, мостов и перевозов. Объединение их в одной главе ясно показывало, для чего в своё время были введены проезжие пошлины – для поддержания в порядке путей сообщения.

Использование существовавших водных путей также нашло своё правовое урегулирование в Уложении. В нём приведены правила для внутреннего речного судоходства. Сообщение по рекам издревле сталкивалось с трудностями естественного характера, вызванными природными явлениями. Однако с развитием гидростроительства стали создаваться и серьёзные искусственные затруднения. Уложение установило: «а которыми реками суды ходят, и на тех реках прудов новых и плотин и мельниц не делати, чтобы по тем рекам новыми прудами и плотинами ходу не переняти» [6, с. 98], устранив таким образом препятствия для навигации.

РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В ПРАВЛЕНИЕ ПЕТРА I

Постепенно сложившиеся в России к середине XVII века организация дорожного дела и правовой статус дорог не привели тем не менее к систематической деятельности по управлению этой сферой. Коренные изменения стали происходить в правление Петра Великого, который, по мнению В. О. Ключевского, вернулся из своего первого путешествия из-за границы с представлением о Европе как «шумной и дымной мастерской с машинами, кораблями, верфями, фабриками, заводами» [7, с. 25]. Очевидно, что такой же царь захотел увидеть и Россию.

Проявляя заботу о развитии торговли и промышленности, Пётр начал первые работы по устройству водных и сухопутных путей сообщения. Водная сеть внутри государства развивалась посредством строительства каналов. Выходившие в это время распоряжения демонстрируют его усилия, направленные на просвещение русского купечества и становление торгового мореплавания.



Пётр I Алексеевич, прозванный Великим (1672–1725) – последний Царь всея Руси (с 1682 года) и первый Император Всероссийский (с 1721 года).

Активная практическая деятельность по сооружению водных транспортных путей способствовала ускорению развития российского морского законодательства, свидетельством чему явилось принятие 26 июля 1720 года Устава о эверсах[****]. Устав детально регламентировал взаимоотношения хозяина судна и грузоотправителя, устанавливал время погрузки и разгрузки, а также распределял издержки на погрузку и разгрузку. Возмещение ущерба при повреждениях, понесённых эверсом, возлагалось на хозяина судна, а убытки, связанные с товарами, нёс купец [8, с. 219]. В 1724 году вышел морской торговый устав, установивший порядок досмотра торговых кораблей, предъявления перечня товаров с ценами на них, а также наложения взысканий за несоблюдение уставных правил.

Не осталось без внимания Петра I и сухопутное сообщение. Сооружались грунтовые дороги, в частности, от Петербурга до Москвы и от Москвы до Азова. В 1711 году на тракте Москва–Санкт-Петербург были устроены почтовые станции в Волоколамске, Ржеве, Старой Руссе [9, с. 84]. В отношении станций законодательно закреплялся порядок, касающийся проезжих лиц и работников. Движение по трактам также становилось упорядоченным и подчинялось складывающимся правилам – писанным и не писанным, которые пронизывали разные стороны дорожного быта.

При Петре I началось сооружение сухопутной дороги от Москвы до Волхова, ставшее первым опытом современного дорожного строительства. В сенатском

[****] Эверс – большая речная лодка.



Анна Иоанновна (Анна Ивановна) (1693–1740) – российская императрица из династии Романовых. Годы правления: 1730–1740.

указе от 1 июня 1722 года «О постройке новой дороги от Волхова до Москвы и о сборе для сего денег с купечества и крестьянских дворов, против канального расположения» были определены порядок строительства, время его осуществления и силы, которые для него привлекались. В дорожных работах участвовали люди, «которые живут от дороги даже до 50 вёрст в стороны», работы выполнялись в «сухое время, чтобы только коренья выкопали», мостить же и рвы копать должны были «в осень, когда от полевой работы отделаются» [10, с. 716–717].

В созданной в 1717 году Петром коллежской системе органов исполнительной власти руководство сферой транспорта было возложено на Коммерц-коллегию, наделённую полномочиями по разработке транспортно-правовых актов. Ведая торговым делом, которое самым непосредственным образом было связано с дорогами, Коллегия должна была обеспечивать и беспрепятственное перемещение по ним. Пётр поручил ей создать необходимые условия для торговой деятельности купечества, и так как основные пути сообщения были морскими и речными, то и торговый флот с хорошо обученными командами стал её заботой. Коллегии вменялось контролировать производство работ по развитию водных сообщений и по строительству сухопутных дорог.

ТРАНСПОРТНОЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО В ЭПОХУ «ДВОРЦОВЫХ ПЕРЕВОРОТОВ»

После смерти Петра I в январе 1725 года, в экономике государства наблюдался некоторый спад, отразившийся и на развитии путей сообщения. Однако и новые правители не оставляли без внимания дорожное строительство, выделяя средства на ремонт старых и сооружение новых дорог, а также строительство водных путей, при необходимости предоставляя и рабочую силу из воинских гарнизонов. Например, в 1735 г. для выполнения текущих работ на Ладожском канале был сформирован рабочий батальон, размещенный вблизи объекта. В 1740 г. инженер-подполковник Людвиг обратился в правительство с рапортом о выделении батальону кроме обер- и унтер-офицеров ещё 78 рядовых и 26 денщиков, требующихся для выполнения указания генерал-фельдмаршала графа Миниха обеспечить качественное и безопасное содержание канала. Полковник просил дополнительный контингент из рекрутов, но кабинет министров указал Военной коллегии пополнить батальон отставными из полевых полков, при этом сделать так, чтобы батальон при Ладожском канале был расселен в своих домах, а солдатских жен и детей перевести из мест их проживания к мужьям и в дальнейшем руководствоваться этим правилом [11, с. 65].

Учреждённая Петром Великим в 1717 г. Камер-коллегия в правление Анны Иоанновны была реорганизована и 23 июня 1731 г. получила новый регламент, в целом сузивший её функции. У ведомства, как и прежде, остался надзор за всеми доходами государства, но добавился контроль за состоянием больших дорог посредством губернаторов и воевод [12, с. 168–169]. В уездах они должны были обеспечивать их пригодность для проезда. В тех случаях, когда требовался ремонт дорог, а также починка мостов, то им разрешалось привлекать население, но не в горячую рабочую пору.

В правление Анны Иоанновны, в марте 1731 г., вышел сенатский указ «О починке по Санкт-Петербургской и Псковской дорогам мостов из казны, об отпуске на сиё потребной суммы и об употреблении на

починку перспективной дороги от Волхова до Санкт-Петербурга несколько рот из гарнизонных полков» [13, с. 392–393].

Указ определил места, в которых должны были быть построены мосты и переправы, а также материалы, используемые для этих целей. Ограниченность средств казны требовала рационального их использования, поэтому на пространстве от Новгорода до перспективной дороги (Санкт-Петербург–Москва) для «почтовой гоньбы» ремонт мостов и переправ предусматривалось производить только в самых необходимых точках. Также и дорогу от Волхова до Санкт-Петербурга можно было ремонтировать только в местах, строго определённых графом Минихом с выделением для работ нескольких рот из гарнизонных войск. На дорожные работы и заработную плату строителям были отпущены 10 тыс. руб. из Полицеймейстерской канцелярии Санкт-Петербурга, а также часть поступающих в казну акцизных сборов. В случае недостатка средств предлагалось обращаться в Сенат. Что же до леса, необходимого для строительства мостов, то, по расчётам московских дорожных осмотрщиков, требовались тысячи деревьев, которые могли быть взяты на дачах помещиков, а также в дворцовых и синодальных вотчинах. Лес рекомендовалось использовать на мостах и переправах в самых необходимых местах, «дабы напрасной траты леса не было». Учитывая это обстоятельство, из казны сверх вышеназванной суммы выделялось ещё 4000 рублей.

Для активизации работ по сооружению тракта в 1733 году была создана Канцелярия перспективной дороги, тогда же вышли Правила строительства дорог, мощения фашинами в болотистых местах. Канцелярия стала первым специализированным органом, непосредственно занимавшимся путями сообщения. Она подчинялась Сенату, а её содержание осуществлялось за счёт средств, получаемых с пользователей дорог [14, с. 223].

В конце 1733 году в Кабинет императрицы Анны Иоанновны поступило донесение от графа фон Вейсбаха, находившегося в это время на службе у русского правительства. В нём сообщалось «о худой дороге от Клина до Москвы и около Тулы и Курска». Это донесение было передано в Правительствующий сенат для рассмотрения. В результате в январе 1734 года вышел сенатский указ «О починке мостов и перевозов». Поскольку за состояние дорог в России в этот момент в большей мере отвечала Камер-коллегия, то ей и были даны соответствующие указания. Во-первых, мосты и перевозы, отданные на откуп, должны были быть освидетельствованы, и откупщики, хозяева «худых мостов», принуждены выполнить ремонтные работы «в удобное время» и впредь содержать данные объекты в исправном состоянии. Во-вторых, по мостам и перевозам, которые содержались на вере, Камер-коллегией незамедлительно должно было быть принято решение «о строении и починке тех мостов». В-третьих, по дорогам, ремонт которых осуществлялся государством, требовалось составить опись, указав участки, на которых необходимо выполнить ремонтные работы, определить потребность в материалах и в рабочей силе «конной и пешей» и как далеко от дорог находятся леса. Эксперты, осуществлявшие вышеназванные мероприятия, должны были внести предложения «каким-то лучшим порядком без дальнего казённого убытку и народной тягости исправить будет можно», а соответствующую опись по работам и смету на них направить в Камер-коллегию, а та, после рассмотрения, – в Сенат, сопроводив её собственными соображениями. В заключительной части указа отмечалось: «а где через реки и ручьи в чьих сёлах и деревнях мосты в худом состоянии находятся, тех сёл жителей, чьи б они ни были, строить и починивать принудить немедленно, как о том указы повелевают, и смотреть накрепко, чтобы проезжающим в тех местах остановки не было» [15, с. 258–259].

Таким образом, очевидно, что правовые меры, принятые правительством Анны Иоанновны, были направлены на развитие внутреннего судоходства, дорожного строительства, улучшение ремонтных работ, на совершенствование управления отраслью в центре и на местах и, что особенно важно, на заботу о купечестве и населении, привлекаемом к работам в дорожном деле.

В последовавшее правление Елизаветы Петровны правовое регулирование дорож-



Елизавета Петровна Романова (1709–1761) – российская императрица из династии Романовых. Годы правления: 1741–1762.

ного строительства и эксплуатации сухопутных дорог получило дальнейшее развитие.

В 1744 году было предписано не допускать зарастания московской дороги деревьями. Владельцам поместий вменялось в обязанность очищать расположенные вблизи участки дорог. Во всех губерниях большие дороги с целью обеспечения свободного и безопасного проезда должны были очищаться от деревьев в обе стороны на 15 сажень. По аналогии с московской дорогой каждому помещику поручалось напротив своих дач освобождать от деревьев придорожные участки [9, с. 184–185].

В 1754 году с началом таможенной реформы, предусматривавшей, в том числе, уничтожение внутренних сборов, было подтверждено, что дороги остаются в ведении губернаторов и воевод, которые должны обеспечивать их исправное состояние и при необходимости привлекать к ремонтным работам население.

Канцелярия перспективной дороги в 1755 году была переименована в *Канцелярию от строения государственных дорог* и стала органом, руководящим строительством и содержанием государственных дорог. Возглавил её главный судья, а непосредственными исполнителями распоряжений Канцелярии оставались воеводы [14, с. 221].

В 1760 году последовало указание, запретившее осуществлять ремонтные работы с привлечением населения на дороге между столицами, и теперь это должны были делать наёмные работники. Безусловно, эта мера значительно облегчала положение проживавших вблизи дорог людей и способствовала повышению качества ремонтных работ.

Императрица Екатерина II уже в начале своего царствования обратила внимание на дорожное дело.

Указом «О приведении Государственных дорог в наилучшее состояние» от 18 февраля 1764 года руководителем Канцелярии от строения государственных дорог был назначен генерал-поручик Николай Муравьёв. Перед ним была поставлена задача «приводить все государственные дороги в наилучшее состояние», при этом он мог требовать помощи от Сената и даже непосредственно обращаться к императрице [16, с. 541]. Вскоре Канцелярия приобрела статус центрального учреждения, и местная власть губерний и провинций должна была регулярно перед ней отчитываться о состоянии дорог. В распоряжении Канцелярии находился строительный батальон, который комплектовался «рекрутами и всякими вступающими в службу разночинцами, способными к отправлению оной службы» [17, с. 152–153]. В течение длительного времени он решал многие вопросы строительства дорог, искусственных сооружений и их эксплуатации.

В 1775 году в результате реформы местных органов управления были учреждены казённые палаты, назначением которых являлось обслуживание фискальных интересов государства. Однако они вскоре вынуждены были заниматься и дорожным строительством. Следствием преобразований в местном управлении стало то, что вскоре указом от 24 октября 1780 года Канцелярия от строения государственных дорог была упразднена. Готовые дороги перешли в ведение исправников и нижних земских судов, а для незавершённых дорог были учреждены особые экспедиции при губернских казённых палатах [18, с. 994–997]. В 1782 году был расформирован строительный батальон, Екатерина II в указе от 26 января мотивировала это тем, что «содержание дорог в исправности есть дело общественное, в котором Нижние Земские Суды наблюдением обязаны, а где по указам Нашим предписано их строить

казённым иждивением, там все сии работы производимы суть подрядом» [19, с. 388].

Потребность в специализированном органе заставила в 1786 году создать новое дорожное учреждение – Комиссию о дорогах в государстве. Указ от 14 марта [20, с. 319–322] не делал акцента на необходимости хорошего содержания дорог, но отмечал, что они нужны «для обеспечения сообщения между различными местами государства, для доставления в жизни человеческой нужного, для пособия торговли, следовательно, и для блага общего». Комиссия должна была разработать генеральный план строительства дорог в России, получив предварительно из губерний дорожные карты с обоснованием целесообразности действующих и проектируемых к строительству дорог, а также сведения о материальных ресурсах, имеющихся на местах, и о потребности в строительстве мостов и отводных труб с примерными затратами на их сооружение.

Комиссия контролировала ход строительства дорог во всех губерниях, получая от экспедиций при губернских казённых палатах отчёты о выполненных работах и израсходованных средствах. Казённые палаты и казначейства на местах осуществляли непосредственный контроль за строительством, включая ревизии счётов и казённые взыскания.

Первым практическим опытом для Комиссии о дорогах в государстве должно было стать строительство дороги между Санкт-Петербургом и Москвой. Ей были переданы уже представленные на тот момент в Сенат планы и сметы по этому проекту.

Водные пути в правление Екатерины II также получили дальнейшее развитие, однако серьёзным препятствием для успешного ведения торговли русскими купцами являлось отсутствие правовой базы для осуществления судоходства. Так, в России не было устава купеческого водоходства, и это вынуждало русское купечество руководствоваться нормами законов иностранных государств. 1 июня 1781 года Устав [21, с. 157], наконец, был принят, и многие спорные вопросы получили в нём разрешение. Устав способствовал расширению торговых отношений внутри страны, за её пределами они осуществлялись



Екатерина Алексеевна Романова (Екатерина II Великая) (1729–1796) – российская императрица. Годы правления: 1762–1796.

на основе принятой в 1780 г. «морской конвенции для охранения нейтрального торгового кораблеплавания».

В 1781 г. была обнародована и вторая часть Устава купеческого водоходства [22, с. 312–336], содержавшая нормы, регулирующие страхование кораблей на случай кораблекрушения и порчи товаров. Однако поскольку в это время в России ещё не было страховых обществ (они появятся только в правление Николая I), хозяева судов вынуждены были страховать русские корабли и товары в иностранных страховых обществах, что создавало много неудобств.

В 1784 году для создания более надёжного плавательного средства для преодоления речных порогов правительством был объявлен своего рода конкурс и обещана награда [9, с. 50]. В Санкт-Петербурге на Неве была создана городская верфь, финансируемая казной для активизации постройки российских судов. Каждый мог на верфи строить большие и малые, морские и речные суда. Оснащать их разрешалось в любом месте на усмотрение хозяина судна и даже выписывать оборудование для этих целей из-за границы.

Черноморское Адмиралтейское правление получило право выдавать подданным российские флаги на торговые суда сроком не более 6 лет для плавания по Чёрному и другим морям. При этом выставлялось одно условие: эти лица, должны были быть



Павел I Петрович Романов (1754–1801) – император Всероссийский. Годы правления: 1796–1801.

людьми известными и благонадёжными [9, с. 50–51]. Эти правительственные меры свидетельствовали о стремлении качественно улучшить речное и морское судоходство.

Павел I в своё короткое правление прежде всего обратил внимание на развитие водных путей сообщения и продолжил строительство каналов.

В 1797 году последовало указание соединить реки Днепр и Двину, используя реки Березину и Уллу, а также окончить каналы Огинский, предназначенный для соединения рек Припяти с Неманом, и Королевский, соединяющий реки Припять и Буг. В том же году, в ответ на просьбы купечества улучшить условия для судоходства, а также в целях обхода Ильменского озера, начали сооружение канала длиной в 8 вёрст из Мсты в Волхов. В 1798 году началось строительство канала, соединяющего реку Гавью с Двиной, с целью улучшения обеспечения доставки в Ригу товаров из окрестных мест. Стремлением ускорить строительство Вытегорского канала, который должен был соединить реки Ковжу и Вытегру, было обусловлено принятие в 1799 году решения заимствовать средства из Воспитательного дома по 400 руб. ежегодно. После завершения канал получил название Мариинского [9, с. 57–58].

В плане совершенствования государственного управления транспортом в 1797 году было принято решение о создании особого учреждения для заведования в империи путями сообщения, первоначально исключительно лишь водными. Указом Правительствующего Сената от 27 февраля 1797 года Главное управление водными коммуникациями возглавил тайный советник Я. Е. Сиверс. Через год, 28 февраля 1798 года, после принятия соответствующего положения, содержащего конкретные задачи, решение которых на него возлагалось, началась практическая деятельность этого учреждения. Главному управлению были переданы все водные сообщения Российской империи. Главное управление, в дальнейшем переименованное в Департамент водяных коммуникаций, просуществовало до 1809 года. В это время его возглавляли упомянутый граф Я. Е. Сиверс (1798–1800), затем граф Г. Г. Кушелёв (1800–1801), а последним его руководителем стал граф Н. П. Румянцев (1801–1809) [23, с. 59].

ВЫВОДЫ

Вопросы устройства дорог и организации дорожного движения, развития водных коммуникаций, совершенствования государственного управления этими сферами, были в России изначально предметом внимания правителей и правового регулирования актами высшей юридической силы. При этом акты, являющиеся источниками транспортного права того периода, зачастую принимались в силу необходимости урегулирования внезапно возникающих проблемных ситуаций, в соответствии с субъективным восприятием правителями фактов объективной реальности и по их усмотрению. Нормы, регулирующие отношения в сфере организации путей сообщения, содержались в целом ряде правовых актов, подчас не имеющих непосредственного отношения к проблемам транспорта и подготовленных лицами, не представляющими в полной мере ни системы, ни принципов организации путей сообщения, ни тем более последствий вносимых «попутно» с решением различного рода конъюнктурных задач законодательных изменений, имеющих стратегическое значение.

Вместе с тем в XVI–XVII *веках проявилась тенденция к регулированию правовых отношений «из центра»*. В принятом в 1649 г.

Уложении наиболее полное выражение получило дорожное правовое регулирование. Основанием для укрепления правового статуса сухопутных и водных путей стал интерес государства, состоявший в необходимости облегчить передвижение по дорогам служилых людей и гонцов. К сожалению, интересы торгующего класса не были достаточно учтены, что негативно сказывалось на темпах развития торговли и ремесел. В Уложении встречается первый закон об охране судоходства.

Систематическая деятельность правительств в области дорожного дела начинается при Петре Великом с проявления заботы о развитии торговли и промышленности.

Предлагаемая нами периодизация предполагает, что в петровский и послепетровский период произошли вместе с изменением государственных задач и изменения целей правового регулирования. Проявились *попытки создать единые органы управления транспортом, но соотношение централизованных и децентрализованных функций ещё не было постоянным*.

В 1717 г. Пётр I учредил ряд коллегий, среди которых Коммерц- и Камер-коллегия, в разной степени наделённые полномочиями по развитию водных сообщений и строительству сухопутных дорог.

Екатерина создала «комиссию о дорогах в государстве» и лично контролировала её работу. В правление Павла I впервые появилось особое ведомство путей сообщения – Департамент водных коммуникаций.

Наличие многочисленных, но противоречивых и несистематизированных правовых актов, равно как и отсутствие единого органа управления транспортом не позволяли решать вопросы развития путей сообщения должным образом. Организационное, правовое, научное и кадровое обеспечение транспорта не соответствовало более потребностям экономики, торговли, военной безопасности Российского государства, что влекло за собой становящиеся недопустимыми потери в экономической сфере и приобретающие потенциально катастрофический характер угрозы обороноспособности государства.

В начале XIX столетия всё более настоятельной и объективно необходимой становилась потребность системных преобразований всех сторон государственного управления, включая управление путями сообщения. Приближался период коренных изменений в системе правового обеспечения путей сообщения и транспортной деятельности, происшедших в период царствования императора Александра I.

ЛИТЕРАТУРА

1. Землин А. И. Опыт правового регулирования финансового обеспечения войск в годы Великой Отечественной войны. 60 лет Великой Победы: история, уроки, современность: Материалы межвузовской научной конференции, 19 апреля 2005 г. – М.: Военный университет, 2005.
2. Землин А. И., Петров Ю. И., Харламова Ю. А. Актуальные проблемы развития транспортного законодательства в России: Монография. – М.: Русайнс, 2019.
3. Осокин Е. Г. Внутренние таможенные пошлины в России. – Казань, 1850.
4. Сергеевич В. И. Древности русского права: в 3 т. – Т. 3: Земледелие. Тягло. Порядок обложения. – Гос. публ. ист. б-ка России. – М., 2007.
5. Устав князя Ярослава о мостах // Российское законодательство X–XX веков. – В 9 томах. – Т. I. Законодательство Древней Руси. – М., 1984.
6. Соборное уложение 1649 года // Российское законодательство X–XX веков. – Т. 3. Акты земских соборов. – М., 1985.
7. Ключевский В. О. Сочинения. – В 9 т. – Т. 4. Курс русской истории. – М., 1989.
8. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. VI. –1720. – № 3615.
9. Семёнов А. Изучение исторических сведений о Российской внешней торговле и промышленности с половины XVII столетия по 1858 год. Часть первая. – СПб., 1859.
10. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. VI. –1722. – № 4025.
11. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XI. 1740. – № 8050.
12. Волков Л. В. Камер-коллегия // Государственность России (конец XV в. – февраль 1917 г.): Словарь-справочник. Кн. 2. – М.: Наука, 1999.
13. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. VIII. –1731. – № 5711.
14. Макарова С. Л. Канцелярия перспективной дороги // Государственность России (конец XV в. – февраль 1917 г.). Книга. 2. – М.: Наука, 1999.
15. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. IX. –1734. – № 6536.
16. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XVI. –1764. – № 12053.
17. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XVIII. –1767. – № 12918.
18. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XX. –1780. – № 15074.
19. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XXI. –1782. – № 15334.
20. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XXIX. –1806. – № 22150.
21. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XXI. –1781. – № 15176.
22. Полное собрание законов Российской империи. Собрание 1 – Т. XXI. –1781. – № 15285.
23. Житков С. М. Исторический обзор устройства и содержания водных путей и портов в России за столетний период: 1798–1898. – СПб., 1900.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-260-277

The Genesis of the System of Administration of the Transport Routes and of the Transport Law in Russia (9th to 18th centuries)



Yuri I. PETROV



Alexander I. ZEMLIN



Olga M. ZEMLINA

Petrov, Yuri I., *Russian University of Transport, Moscow, Russia.*
Zemlin, Alexander I., *Russian University of Transport, Moscow, Russia.*
Zemlina, Olga M., *Russian University of Transport, Moscow, Russia*.*

ABSTRACT

The article analyzes Russian historical and legal heritage containing the norms governing social relations that arose in the process of development of water and inland roads, transportation, state administration in the transport field, and studies the most important norms of Russian transport legislation.

The purpose of the research was to study legal regulation of transport relations in the historical period from 9th through 18th centuries in order to identify the main stages of development and periodization of domestic transport law.

The study was carried out using methods of legal analysis, including formal-dogmatic method, which allowed to reveal some of shortcomings and gaps of legal regulation; historical and legal method, that, in combination with the methods of taxonomic analysis, made it possible to carry out authors' periodization of formation of transport legislation during the studied period. The use of achievements of legal hermeneutics and tools of the linguistic-semiotic and semantic approaches provided an opportunity to clarify the content of legal norms and legal documents referring to the period under review.

The results of the study are of interest from the point of view of revealing historical patterns of development of transport law, make it possible to assess the role and place of transport legislation in the system of legal regulators of public relations. The presented scientific results, taking into account already existing and practically substantiated developments, can serve as a starting point for further discussion about the prospects, trends and directions of development of Russian transport law and transport legislation.

Keywords: *transport, transport legislation, historical and legal analysis, historical stages, transport routes.*

---

*Information about the authors:
Petrov, Yuri I. – Ph.D. (History), associate professor at the department of customs law and organization of customs business of the Law Institute of Russian University of Transport, Moscow, Russia, Petrov52@ro.ru.
Zemlin, Alexander I. – D.Sc. (Law), professor head of the department of transport law of the Law Institute of Russian University of Transport, Moscow, Russia, kafedratp@mail.ru.
Zemlina, Olga M. – Ph.D. (Law), associate professor of the department of transport law of the Law Institute of Russian University of Transport, Moscow, Russia, kafedratp@mail.ru.

Article received 02.04.2019, accepted 16.05.2019.

For the original text in Russian please see p. 260.

Introduction. The issues of legal regulation of transport relations at all times were among the most essential for economic and social development of the state and society, which is necessarily determined by the role and importance of transport. Transport, although it does not create new objects of the material world, is a prerequisite for ensuring normal functioning of the sectors of the economy and trade. Since production of transport as a branch of material production is an activity aimed at territorial movement of goods or people, so far transport is a connecting link within the country's economy, covering all types of social production, distribution and exchange. Transport relations are closely connected with other socio-economic relations, which largely determine their nature, as well as the need for their full and rigorous regulation using legal norms.

Obviously, it is possible to adequately and fully cognize any social phenomenon only through the study of its historical roots, the study of its genesis.

Professor of Law at Moscow University A. N. Filippov (1853–1927) defined the task of the historical-legal approach to legal research as follows: *«Whatever legal concept we take in history ... each of them had undergone a long series of changes before it appeared to us in that developed and dissected image, in which it appears in modern legal theories or laws of various countries. In reality, the strict sequence of legal phenomena, the causal dependence of some on others, and the continuity of their development reigns over the visible chaos of a random change of some legal norms and institutions by others»* [1, pp. 231–232].

Many works have been devoted to research on the history of formation and development of transport in Russia, some have come from the pen of such famous representatives of the scientific community and statesmen as S. Yu. Witte, A. A. Golovachov, S. M. Zhitkov, I. M. Rabinovich, N. A. Kislinsky, P. P. Migulin, I. Kh. Ozerov, A. I. Chuprov, A. S. Senin, D. Yu. Levin, A. V. Postnikov and many others. At the same time, some had as a research subject general historical information, incidentally affecting transport issues, while other researches were directly related to the history of transport, most often railway.

At the same time, there is a clear lack of attention to scientific research on this problem on the part of specialists in the field of jurisprudence. The subject of the study of legal scholars was associated with only certain temporary stages of formation and development of transport legislation governing social relations related to specific branches of transport.

Nevertheless, the results of few available historical and legal studies of a complex nature indicate that legal regulation and organization of transport activity in Russia at all times have been given special importance, predetermined by their significance for development of the economy and defense of the country [2, pp. 5–32].



Vladimir I Svyatoslavich (ab. 960–1015), Grand Duke of Kyiv.

In the course of our study, we tried to identify the main stages of emergence and development of transport law, focusing primarily on the sphere of legal regulation of state administration of transport routes or, in modern terms, of transport infrastructure. On the contrary we do not suggest a detailed analysis of the legislation governing the transportation process carried out by different modes of transport, which in the year of the 210th anniversary of the single transport administration body will undoubtedly be highlighted in other publications.

The *objective* of the research was to study experience of legal regulation of transport relations in the historical period from 9th through 18th centuries in order to identify the main stages of development and periodization of domestic transport law.

The authors used *methods* of legal analysis, including formal-dogmatic, achievements of legal hermeneutics, and tools of the linguistic-semiotic and semantic approaches.

Results.

Birth of transport laws in Ancient Rus'

Even before the creation of the Ancient Rus' state, transport lines, mainly waterways, emerged, along which tribal unions developed trade relations. Further development of communications led to emergence and establishment of transport legislation in Ancient Rus'.

From ancient times, Russian princes began to take care of construction of roads and bridges and, in general, the routes, although, at first, they were guided by military considerations.

In the annals of 1014, it is said: *«and Vladimir said: it is required to construct a path and a bridge, if you want to go to oppose Yaroslav»* [3, p. 36]. Fees such as bridge fee [*mostovschina*] and river crossing



Alexei I Mikhailovich, nicknamed the Quietest (1629–1676), the tenth Tsar of All Russia. Years of reign 1645–1676

fee [*perevoz*], which are among the oldest trade duties, ensured construction and maintenance of roads and bridges. Besides, the bridge fee acted also as a conscription, which was imposed on the population and consisted in construction of bridges across the rivers, as well as of wooden flooring on the streets of settlements and of roads in general. The oldest news about it is contained in Russkaya Pravda [*literally Russian Truth*] in the edition of the 11th century [4, p. 154].

Adopted in the 60s of the 13th century, «The Charter of duke Yaroslav on bridges» [5, pp. 236–238] contained the rules for organization of paving of the main trading highways of Novgorod and the roads leading to the marinas and the place of urban trade. The charter established a plan for the population of how the bridge service is distributed, the procedure for organizing the construction and repair of the bridge across the Volkhov river and for the delivery by floating of building materials for paving commercial roads and repairing bridges.

Formation of transport law in Russian state (16th through 17th centuries)

For centuries, construction of bridges and river crossings due to lack of funds from the government was carried out as a personal duty of citizens. Those practices continued even in the 16th century. For example, a charter of 1596 established that bridges on small rivers that suffered during the spring spill should be repaired by *«nearby plows»*, that is, peasants. The obligation to pave bridges is also mentioned in many charters.

In the first half of the 17th century, there was a noticeable increase in crafts and trade, and a single market of the country was developing. These processes required, to a much greater extent than in previous years, the state and legal regulation of the regime of internal communications and routes and their financial support.

In the middle of the 17th century, the legislative activity of Moscow state increased significantly, the desire of the government to subject to legal regulation more and more parts and phenomena of public and state life intensified. The culmination of lawmaking was achieved with adoption of the Council Code of 1649.

The road legal regulation prevailing at this time received with it the most complete expression. Chapter IX of the Code «On tolls, and on river crossings, and on bridges» compiled norms of two areas of regulation of public relations: on regulation of collection of tolls and on maintenance and improvement of roads, bridges and river crossings. Combining them in one chapter clearly showed why, at one time, tolls were introduced. The objective was to maintain correctly the ways of transportation.

The use of existing waterways also found its legal settlement in the Code. It provides rules for inland navigation. Since ancient times, river boating has encountered natural difficulties caused by natural phenomena. However, with development of hydraulic work and hydroengineering, serious artificial obstacles began to appear. The Code established: *«and where vessels navigate on rivers, on these rivers do not construct any new ponds, barrages and flour mills in order not to hamper the navigation on these rivers»* [6, p. 98], thus removing obstacles to navigation.

Development of transport laws during the reign of Peter the Great

The organization of road construction in Russia and the legal status of roads that gradually were taking shape at the middle of the 17th century, did not, however, lead to systematic administrative activities in this field. Fundamental changes started during the reign of Peter the Great, who, according to V. O. Klyuchevsky, returned from his first trip from abroad with the idea of Europe as of *«a noisy and smoky workshop with machines, ships, shipyards, plants, factories»* [7, p. 25]. Obviously, the tsar wanted to see Russia to be the same.

Taking care of development of trade and industry, Peter began the first system work on arrangement of water and inland ways. The water network within the state developed through construction of canals. The orders issued at that time demonstrate his efforts to educate the Russian merchants and to establish merchant shipping.

Active practical steps towards the construction of water transport routes contributed to acceleration of development of Russian maritime legislation, as evidenced by the adoption on July 26, 1720 of the Charter on evers*. The charter regulated in detail the relationship between the owner of the vessel and the shipper, set the time for loading and unloading, and also distributed the costs of loading and unloading. Compensation for damage caused to the evers was assigned to the owner of the vessel, and the merchant incurred losses associated with the goods [8, p. 219].

* Evers is a big river boat.

In 1724, the Maritime Commercial Code was issued, which established the procedure for inspecting merchant ships, for producing a list of goods accompanied by their prices, as well as penalties for non-compliance with the codified rules.

Peter the Great paid attention also to the inland roads. Dirt roads were constructed, in particular, from St. Petersburg to Moscow and from Moscow to Azov. In 1711, postal stations were set up on Moscow–St. Petersburg highway in Volokolamsk, Rzhev, and Staraya Russa [9, p. 84]. The procedure for carriageway and workers was enshrined in law. The movement along the highways also became streamlined and had to obey the emerging rules, written and not written, which permeated different sides of road life.

Under Peter the Great, construction of a land road from Moscow to Volkhov began, which became the first experience of modern road construction. In the Senate decree of June 1, 1722 «On construction of a new road from Volkhov to Moscow and on collecting money for this from the merchants and peasant households, located opposite canal location», the construction procedure, the time of its implementation and the forces involved in it were determined. The roadwork was attended by people *«who live off the road even up to 50 miles to the side»*, the work was carried out in *«dry time so that only the roots were dug up»*, and they had to pave and to dig ditches *«in the fall, when they get off the field work»* [10, pp. 716–717].

In the college system of executive bodies created by Peter the Great in 1717, the management of the transport sector was entrusted to the Commerce Board, endowed with the authority to develop transport legal acts. Conducting commercial affairs, which were most directly connected with roads, the Board was supposed to provide unhindered movement along them. Peter instructed it to create the necessary conditions for trading activities of the merchants, and since the main routes were sea and river ones, the merchant fleet with well-trained teams became its concern. The Board was charged with overseeing the work on development of waterways and construction of land roads.

Transport law during the period of palace coup d'état

After the death of Peter the Great, in January 1725, a slight decline was observed in the public economy, that also affected development of transport ways. However, the new rulers did not disregard road construction, allocating funds for repair of old and construction of new roads, as well as for construction of waterways, and, if necessary, providing labor from military garrisons. In 1735 a labour battalion was formed for current maintenance of Ladoga canal. It was stationed near the site. In 1740 lieutenant-colonel Ludwig addressed a report to the government



Peter I Alekseevich, nicknamed the Great (1672–1725), the last Tsar of All Russia (since 1682) and the first All-Russian Emperor (since 1721).

asking to reinforce the battalion with additional subaltern officers and underofficers, and 78 soldiers and 26 batmen, which were necessary to execute the order of general- field marshal, count Minich to ensure quality and safe maintenance of the canal. The colonel asked for recruits but the Cabinet gave instructions to Military Board to send to the battalion the persons retired from field regiments, but to provide that the soldiers could live in their own houses and soldiers' wives and children were transported there to live with their husbands [11, p. 65].

The Chamber Board established by Peter the Great in 1717 was reorganized and was granted a new regulation on June 23, 1731 that widened its functions. It had to supervise the state revenues but also was charged with the control over big roads by the intermediate of governors and local administrators, who had to ensure practicability of roads in the rural districts [12, pp. 168–169]. When it was the case, they were permitted to engage population to repair roads and bridges, but that right of governors was limited during harvesting period.

During the same reign of Anna Ioannovna, the Senate issued in March 1731 the decree «On repairing bridges along St. Petersburg and Pskov roads from the treasury, on allocation of the required amount for this and on the use for repairing the prospective road from Volkhov to St. Petersburg of several companies from garrison regiments» [13, pp. 392–393].

The decree defined the places where bridges and river crossings were to be built, as well as the materials to be used for these purposes. The limited resources of the treasury required their rational use, therefore, within the distance from Novgorod to the promising road (St. Petersburg–Moscow) repairing of bridges and river crossings was planned to be carried out only at the most necessary points for the



Anna Ioannovna (Anna Ivanovna) (1693–1740), Russian Empress from the Romanov dynasty. Years of reign: 1730–1740.

«postal run» (post stage-coach service). Also, the road from Volkhov to St. Petersburg could only be repaired in places strictly defined by count Minich with allocation of several companies from the garrison troops for work. 10 thousand rubles were allocated to the builders for road works and wages from the Police Chancellery of St. Petersburg, as well as part of the excise taxes received by the treasury. In case of lack of funds, it was proposed to apply to the Senate. As for the wood necessary for construction of bridges, according to the calculations of Moscow road inspectors, thousands of trees were required that could be taken at the dachas (houses) of the landowners, as well as from the palace and synodal estates. It was recommended to use wood on bridges and river crossings in the most necessary places, *«so that there was no waste of wood»*. Given this circumstance, another 4000 rubles were allocated from the treasury in excess of the above amount.

To intensify the work on construction of the road in 1733 the Chancellery of the Prospective Road was established, then the Rules for construction of roads and their paving with fascines in marshy places were issued. The Chancellery was the first specialized body to deal directly with roads. It was subordinate to the Senate, and its current operations were carried out at the expense of funds received from road users [14, p. 223].

At the end of 1733, the Cabinet of Empress Anna Ioannovna received a report from count Johann Bernhard Weibach *«about a bad road from Klin to Moscow and near Tula and Kursk»*. This report was submitted to the Governing Senate for consideration. As a result, in January 1734, the Senate issued the decree «On repairing bridges and river crossings». Since the Chamber Board was to a greater extent responsible for the condition of roads in Russia at that moment, appropriate instructions were given to it. Firstly, bridges and river crossings that were handed over to it had to be inspected, and tax farmers, owners of *«bad bridges»*, were forced to carry out repair work *«at a convenient time»* and henceforth keep these objects in good condition. Secondly, on bridges and river crossings that were held on trust, the Chamber Board should immediately have made a decision *«on construction and repair of those bridges»*. Thirdly, on roads that were to be repaired by the state, an inventory was required, indicating the areas where repairs are needed, the need for materials and manpower *«on horse and on foot»*, and how far the forests are from the roads. The experts who carried out the above activities should have made proposals *«how better without further treasury loss and public burden to make necessary corrections»*, and the appropriate inventory of the work and estimates for them were to be sent to the Chamber Board, and the latter, having studied it, had to send it to the Senate with its own considerations. In the final part of the decree it was noted: *«and where across the rivers and streams in whose villages and settlements the bridges are in poor condition, the inhabitants of those villages, whatever they are, are forced to build and repair immediately, as ordered by the decrees, and watch tightly, so that there would be no stopover for those traveling in those places»* [15, pp. 258–259].

Thus, it is obvious that the legal measures taken by the government of Anna Ioannovna were aimed at developing inland navigation, road construction, improving maintenance works, improving management of the industry in the center and in the localities, and, most importantly, caring for the merchants and the population, involved in work in the road construction and maintenance.

In the subsequent reign of Elizaveta [Elizabeth] Petrovna, the legal regulation of road construction and operation of land roads was further developed.

In 1744, it was prescribed not to allow trees to overgrow Moscow road. Owners of estates were charged with the duty to clean up nearby sections of roads. In all provinces, large roads in order to ensure free and safe passage had to be cleared of trees on both sides for a distance of 15 sazhens [1 sazhen is equal to 7 feet]. By analogy with Moscow road, each landowner was charged to clear roadside sections from trees in front of his dachas [estates] [9, pp. 184–185].

In 1754, with beginning of the customs reform, which included, among other things, elimination of internal charges, it was confirmed that the roads remain under the responsibility of the governors of provinces, who must ensure their proper condition and, if necessary, involve the population in the repair work.

The Chancellery of the prospective road in 1755 was renamed into the Chancellery of construction of

state roads and became the body that supervised construction and maintenance of state roads. It was headed by the chief judge, and governors of the provinces remained the direct executors of the orders of the Chancellery [14, p. 221].

In 1760, there was an order prohibiting repair work involving the population on the road between the capitals, and from then maintenance had to be done by hired workers. Of course, this measure greatly facilitated the situation of people living near roads and contributed to improving the quality of repair work.

Empress Catherine II at the very beginning of her reign paid attention to the road business.

The decree «On bringing the State roads to the best condition» of February 18, 1764, appointed Lieutenant General Nikolai Muravyov as the head of the Chancellery of construction of state roads. He was tasked with *«bringing all state roads to the best condition»*, while he could demand help from the Senate and even directly contact the Empress [16, p. 541]. Soon, the Chancellery acquired the status of a central institution, and the local authorities of provinces had to regularly report on the condition of roads to it. A construction battalion was at the disposal of the Chancellery, the battalion was equipped with *«recruits and all sorts of non-resident servicemen who are capable of performing this service»* [17, pp. 152–153]. It solved many issues of construction of roads, artificial structures and of their operation.

In 1775, as a result of the reform of local governments, state chambers were established, the purpose of which was to serve the fiscal interests of the state. However, they were soon forced to engage themselves in road construction. The consequence of the changes in local government was that by decree of October 24, 1780, the Chancellery of construction of state roads was abolished. Ready roads passed under the charge of police officers and lower district police courts, and special expeditions were established for incomplete roads at the provincial state chambers [18, pp. 994–997]. In 1782, the construction battalion was disbanded; Catherine II, in the decree of January 26, explained that *«maintaining roads in good condition is a public matter, in which the lower police district courts are required to observe, and where, according to Our decrees, they are ordered to build them by official dependency, there's all these works are carried out by the essence of the contract»* [19, p. 388].

The need for a specialized body forced the Empress in 1786 to create a new road institution which was named the Commission on roads in the state. The decree of March 14 [20, pp. 319–322] did not emphasize the need for good road maintenance, but noted that they are needed *«to ensure communication between different places of the state, to deliver the necessary for human life, to facilitate trade, and therefore, for the common benefit»*. The commission



Elizaveta Petrovna Romanova (1709–1761), Russian Empress from the Romanov dynasty. Years of reign: 1741–1762.

was to develop a master plan for road construction in Russia, having previously obtained road maps from provinces, justifying feasibility of existing and planned roads for construction, as well as information on the material resources available on the ground and the need for construction of bridges and discharge pipes with approximate costs of their construction. The Commission monitored the progress of road construction in all provinces, receiving reports from the expeditions at the provincial state chambers on the work performed and the funds spent. The state chambers and treasuries at the local level directly supervised the construction, including audit of accounts and state penalties.

The first practical experience for the Commission on roads in the state was the construction of a road between St. Petersburg and Moscow. Plans and estimates regarding that project, that had already been submitted to the Senate, were handed over to it.

The waterways during the reign of Catherine II also received further development. However, a serious obstacle to the successful conduct of trade by Russian merchants still existed, as the legal basis for shipping was missing. So, in Russia there was no charter for merchant shipping, and this forced the Russian merchants to be guided by the norms of the laws of foreign states. The unsettled relationship between ship owners and hired workers often led to unrest on ships and hindered development of trade. On June 1, 1781 the Charter [21, p. 157] was finally adopted resolving thus many contentious issues. The Charter contributed to expansion of trade relations within the country, but beyond its borders they were carried out on the basis of the *«maritime convention for protection of neutral merchant shipping»* adopted in 1780.

In 1781, the second part of the Charter of merchant shipping was also published [22, pp. 312–336], which contained the rules governing insurance



Ekaterina Alekseevna Romanova (Catherine II the Great) (1729–1796), Russian Empress. Years of reign: 1762–1796.

of ships in case of shipwreck and damage to goods. However, since at that time there were no insurance companies in Russia (they will appear only during the reign of Nicholas I), the owners of the ships were forced to insure Russian ships and goods in foreign insurance companies, and that created a lot of inconvenience.

In 1784, to create a more reliable floating device for overcoming the rapids, the government announced a kind of competition and promised a reward [9, p. 50]. In St. Petersburg, on the Neva river, a city shipyard was created, funded by the treasury to intensify construction of Russian ships. Everyone could build large and small, sea and river vessels at the shipyard. It was allowed to equip them anywhere at the discretion of the owner of the vessel and even order equipment for these purposes from abroad.

The Black Sea Admiralty Board received the right to allow to Russian natives to use national flags on merchant ships for a period of not more than 6 years for sailing on the Black and other seas. In this case, a single condition was set: these persons should have been famous and trustworthy people [9, pp. 50–51]. These government measures testified to the desire to improve the quality of river and sea shipping.

Pavel I, during his short reign, first of all paid attention to development of waterways and continued construction of canals.

The order, issued in 1797, stipulated to connect the Dnieper and Dvina rivers using the Berezina and Ulla rivers, and also to finish the Oginsky canal, designed to connect the Pripyat and Neman rivers, and the Korolevsky [Royal] canal, connecting the Pripyat and Bug rivers. The same year, in response to requests from the merchants to improve the conditions for navigation, as well as to bypass Lake Ilmensky, construction of a 8-mile long canal from Msta to Volkhov began. In 1798, construction of the canal connecting the Gauja River with the Dvina began, with the aim of improving delivery of goods from neighboring places to Riga. The desire to speed up the construction of the Vytegorsky Canal, which was supposed to connect the Kovzha and Vytegra rivers, was confirmed in 1799 by a decision to borrow funds from the Orphanage at a cost of 400 rubles annually. After completion, the channel received the name Mariinsky [9, pp. 57–58].

In terms of improving state transport administration, it was decided in 1797 to create a special institution for governing the empire's transportation ways, though initially only waterways were considered. By decree of the Governing Senate of February 27, 1797, the Main Directorate of Water Communications was headed by Privy Councilor Yakov Sievers. A year later, on February 28, 1798, after adoption of the relevant provision containing the specific tasks that it was entrusted with, the practical activities of this institution began. All waterways of the Russian Empire were transferred to the Main Directorate. The Main Directorate, later renamed the Department of Water Communications, lasted until 1809. At that time, it was headed by count Yakov Sievers (1798–1800) mentioned above, then by count G. G. Kushelev (1800–1801), and finally by count N. P. Rumyantsev (1801–1809) [23, p. 59].

Conclusions

The issues of road construction and maintenance, organization of traffic, development of waterways, and improvement of public administration in those areas were initially considered as the subject of attention of rulers and legal regulation by acts of higher legal force in Russia. However, acts that were sources of transport law of that period were often adopted situationally because of the need to resolve suddenly arising problems, in accordance with the subjective perception by rulers of facts of objective reality and at their discretion. The rules governing relations in the field of organizing transport ways were contained in a number of legal acts, sometimes not directly related to transport problems and prepared by persons who did not fully understand either the system nor principles of organization of transport ways, or even less the consequences caused by solving casually various kinds of opportunistic tasks resulted in legislative changes of strategic importance.

Nevertheless, the trend to regulate legal relationship through central administration bodies took shape in 16th–17th centuries. The Code of 1649 paid attention to legal relations regarding roads. The strengthening of legal conditions of inland and waterways was based on the public interests consisting in the necessity to facilitate traveling of soldiers, administrative staff and of couriers. Regretfully the interests of merchants were not considered that negatively affected the rhythm of trade and craft development. The Code contained meanwhile the first law on the protection of navigation.

The systemic governmental activities in the transportation field started during the reign of Peter

the Great and focused on enhancing industrial and commercial exchanges.

The suggested periodization supposes that the period of Peter the Great and the reigns that followed it were characterized by changes in state objectives and in the objectives of legal regulation. There were attempts to create single bodies to govern transport, but the ratio of centralized and decentralized functions was not stable.

Peter the Great established a series of Boards in 1717, comprising Commerce and Chamber Boards, in charge to different extent of development of waterways and of construction of roads.

Ekaterina the Great created the Commission on the roads in the state and personally controlled its activities. Governmental body dedicated to transport issues (Department of waterways) was created during the reign of Pavel I.

The presence of numerous, but contradictory and unstructured legal acts, as well as the absence of a single public administration body in the field of transport did not allow to solve the issues of developing routes properly. Organizational, legal, scientific framework and staffing of transport no longer corresponded to the needs of the economy, trade, and military security of the Russian state, which entailed unacceptable losses in the economic sphere and a potentially catastrophic threat to the country's defense capacity.

At the beginning of the 19th century, the need for systemic transformations of all aspects of government, including administration of transport routes, became increasingly urgent and objectively necessary. The period of fundamental changes in the system of legal regulation of transport was approaching, and those changes further occurred during the reign of Emperor Alexander I.



Pavel I Petrovich Romanov (1754–1801), Emperor of All Russia. Years of reign: 1796–1801.

REFERENCES

1. Zemlin, A. I. The experience of legal regulation of financial support of troops during the Great Patriotic War. 60 years of the Great Victory: history, lessons, modernity: Proceedings of the inter-university scientific conference, April 19, 2005 [*Opyt pravovogo regulirovaniya finansovogo obespecheniya voisk v gody Velikoi Otechestvennoi voiny. 60 let Velikoi Pobedy: istoriya, uroki, sovremennost': Materialy mezhvuzovskoi nauchnoi konferentsii, 19 aprelya 2005*]. Moscow, Voenniy universitet publ., 2005.
2. Zemlin A. I., Petrov, Yu. I., Kharlamova, Yu. A. Actual problems of development of transport legislation in Russia: Monograph [*Aktualnie problem razvitiya transportnogo zakonodatelstva v Rossii: Monografiya*]. Moscow, Rusyns publ., 2019.
3. Osokin, E. G. Domestic customs duties in Russia [*Vnutrennie tamozhennie poshliny v Rossii*]. Kazan, 1850.
4. Sergeevich, V. I. Antiquities of Russian Law: in 3 volumes. Vol. 3: Agriculture. Tax. The order of taxation [*Drevnosti russkogo prava: v 3 t. T.3: Zemledelie. Tyaglo. Poryadok oblozheniya*]. State public historical library of Russia. Moscow, 2007.
5. The charter of duke Yaroslav on bridges [*Ustav knyazya Yaroslava o mostakh*]. *Russian legislation of 10th–20th centuries. In 9 volumes. Vol. I. Legislation of Ancient Rus'*. Moscow, 1984.
6. Council Code of 1649 [Sobornoe ulozhenie 1649 goda]. *Russian legislation of 10th–20th centuries. Vol. 3. Acts of the Assemblies of the Land*. Moscow, 1985.
7. Klyuchevsky, V. O. Works [*Sochineniya*]. In 9 volumes. Vol. 4. The course of Russian history. Moscow, 1989.
8. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. VI, 1720, No. 3615.
9. Semenov, A. The study of historical information about Russian foreign trade and industry from the middle of 17th century to 1858. Part one [*Izuchenie istoricheskikh svedenii o Rossiiskoi vneshnei torgovle i promyshlennosti s poliviny 17th stoletiya po 1858 god. Chast' pervaya*]. St. Petersburg, 1859.
10. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. VI, 1722, No. 4025.
11. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XI, 1740, No. 8050.
12. Volkov, L. V. Chamber Board [Kamer-kollegiya]. In: Statehood of Russia (the end 15th century through February 1917): Reference book [*Gosudarstvennost' Rossii (konets 15 veka – fevral 1917 goda)*]. Vol. 2. Moscow, Nauka publ., 1999.
13. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. VIII, 1731, No. 5711.
14. Makarova, S. L. Chancellery of the promising road [*Kantselyariya perspektivnoi dorogi*]. *Statehood of Russia (end of XV century – February 1917). Book. 2.* Moscow, Nauka publ., 1999.
15. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. IX, 1734, No. 6536.
16. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XVI, 1764, No. 12053.
17. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XVIII, 1767, No. 12918.
18. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XX, 1780, No. 15074.
19. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XXI, 1782, No. 15334.
20. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XXIX, 1806, No. 22150.
21. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XXI, 1781, No. 15176.
22. Complete collection of laws of the Russian Empire [*PSZ*]. Vol. XXI, 1781, No. 15285.
23. Zhitkov, S. M. A historical review of the structure and maintenance of waterways and ports in Russia over a hundred-year period: 1798–1898 [*Istoricheskiy obzor ustroistva i soderzhaniya vodnykh putei i portov v Rossii za stoletniy period: 1798–1898*]. St. Petersburg, 1900.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-278-281

«Рельсовый» вопрос в Северной Америке: продолжение темы


Желѣзнодорожное Дѣло

ЖУРНАЛЪ

Год XXVIII. 1909 г.

ТОВАРИЩЕСТВО ЗАВОДА ПНЕВМАТИЧЕСКИХЪ МАШИНЪ

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Материал по этому вопросу был опубликован в нашем предыдущем номере (см. «МТ», № 2 (2019)). Продолжаем эту тему, как продолжало её в 1909 году издание «Железнодорожное дело».

Ключевые слова: рельсы, железные дороги, осевая нагрузка, Американское общество по испытанию материалов, сталь, сталелитейное производство, «Железнодорожное дело».

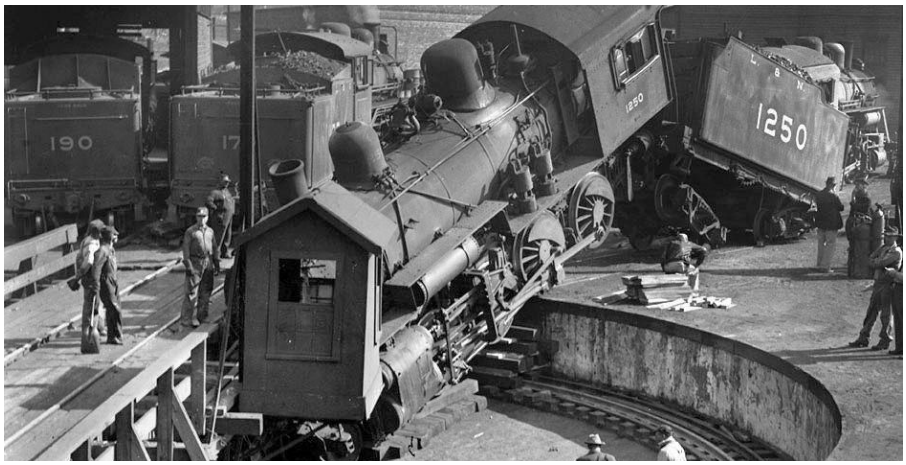
Редакция выражает признательность персоналу библиотеки Российского университета транспорта за помощь в подготовке материала.

В следствие сильно участившихся за последние годы поломок рельсов и происходивших при этом несчастий, общественное мнение Америки очень заинтересовано вопросом о тех мерах, которые надо провести для уменьшения числа таких случаев. Этому вопросу было посвящено уже немало статей и собраний учёных и технических обществ. Ему же было посвящено и недавнее собрание Американского общества по испытанию материалов, президентом которого избран Charles B. Dudley, уже много поработавший по этому вопросу. Dudley, сам выступивший докладчиком, указывает прежде всего на следующий факт: за последние 25 лет вес рельсов увеличился только вдвое, условия же службы стали тяжелее в гораздо большей мере: скорость увеличилась весьма значительно, средняя нагрузка на ось увеличилась – для вагонов на 75 %, а для паровозов на 100 %; наконец, размеры движения на значительных линиях более чем утроились.

Кроме того, он указывает и на то обстоятельство, что рельсы вынуждены часто служить на железных дорогах при таких условиях, которые нельзя назвать благоприятными. Обращая внимание на это явление, Dudley высказывает мнение, что расходы на устройство лучшего полотна, на хороший балласт, на более частую укладку шпал и т.п. быстро окупаются*.

Обращаясь к другой стороне дела, Dudley говорит, что бессемеровский металл, приготовленный в Америке за последнее время, стал хуже того, что был 25 лет тому назад. Это происходит от того, что чистые руды, нужные для этого процесса, теперь реже и дороже. Но, кроме этой причины, Dudley указывает ещё и следующие: 1) сталь разливается в чересчур большие болванки, отчего и размеры сегрегации больше; 2) при отливке мало обращается внимания на то, чтобы

* В нашем Отечестве эти указания также следует иметь в виду и исполнять их, так как качество наших рельсов значительно хуже заграничных. – *Ред. «Железнодорожного дела».*



реакция в металле после присадки примесей имела возможность дойти до конца; болванки катаются тотчас же после отливки; прокатка оканчивается при чересчур высокой температуре. При этом он отмечает и то обстоятельство, что старые формы профиля с очень малыми количествами металла в подошве сильно вредили делу.

Переходя к средствам для улучшения, Dudley указывает, что железные дороги в Америке уже пошли навстречу требованиям металлургов относительно профиля и выработали типы, вполне удовлетворяющие их желаниям. Так, например, в типе В ассоциации распределения металла уже вполне симметричные, а именно – в головке и в подошве по 40 %, а в шейке 20 % и т.п.

Говоря о производстве рельсов и обращая внимание металлургов на борьбу с пузырчатостью стали и сегрегацией, Dudley, между прочим, высказывает следующее. Вопрос о величине куска, который надо отрезать от верхней части болванки для получения вполне здоровых рельсов, всё ещё спорный, как и вопрос о размерах сегрегации. Вопросы эти сложны, так как приходится иметь дело с целым рядом факторов: температурой стали при отливке (выше или ниже); скоростью разливки по изложницам (быстро или медленно); скоростью остывания болванок; когда катать их, – тотчас ли после отливки или нет и т.п.

Что касается технических условий на рельсы, то в них обыкновенно никаких предписаний относительно величины отрезка не даётся, – это предоставляется усмотрению заводчика, причём считается, что заводчик сам будет стараться о том, чтобы рельсы с усадочной раковиной в дело не пускались. Dudley ещё указывает, что в старых условиях правила об испытании были неудовлетворительны: так, например, выбор рельса для испытания предоставлялся заводчику; испытывался 1 рельс на 5 плавок, причём если он оказывался удовлетворительным, все рельсы 5 плавок принимались; если же нет, то испытывалось по 1 рельсу от каждой из остальных 4 плавок.

Новые технические условия в этом отношении лучше, так как по ним выбор рельса для испытания предоставлен приёмщику. Испытание делается посредством удара бабы, причём в технических условиях обыкновенно указывается, кроме веса бабы и веса стула, ещё высота подъёма бабы, а в некоторых и стрела прогиба рельса. Dudley находит, что этот способ испытания вполне подходит к условиям службы рельса, но считает нужным предостеречь против требования чрезмерно больших высот подъёма бабы.

О химическом составе стали Dudley в своём докладе не распространяется, но в конце доклада он указал на успехи, достигнутые в этом деле, благодаря трудам Общества по испытанию материалов; кроме того, обратил внимание металлургов на необходимость, – как можно тщательнее вести процесс Бессемера, и ещё указал на важное значение, которое будет иметь для суждения о службе рельсов правильная статистика поломок рельсов, какая теперь ведётся американскими дорогами (*«La Metallurgie», № 4, 1909 г.*).

Пер. И. Т-в
(Железнодорожное дело. – 1909. – № 43. – С. 241) ●

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-278-281

«Rail» Question in North America: Continuation of the Topic


Желѣзнодорожное Дѣло

ЖУРНАЛЪ

Год XXVIII.

1909 г.

ТОВАРИЩЕСТВО ЗАВОДА ПНЕВМАТИЧЕСКИХЪ МАШИНЪ

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

The material on this topic was published in our previous issue (see World of Transport and Transportation, Iss. 2, 2019). We continue this theme, as it was continued in 1909 by «Zheleznodorozhnoe delo» [Railway Business] Journal.

Keywords: rails, railways, axle load, American Society for Testing Materials, steel, steel industry, «Zheleznodorozhnoe delo».

The editorial office thanks the staff of the library of Russian University of Transport for kind assistance in preparing the publication.

As a result of the breakdowns of rails that have become more frequent in recent years and the misfortunes that have occurred as a result, American public opinion is very interested in the question of the measures that must be taken to reduce the number of such cases*. Quite a few articles and meetings of scientists and technical societies have already been devoted to this issue. The recent meeting of the American Society for Testing Materials, whose elected president Charles V. Dudley had already worked a lot on this issue, was devoted to this issue. Dudley, who himself delivered the report, first of all points to the following fact: over the past 25 years, the weight of rails has only doubled, and the conditions of service have become heavier to a much greater degree: the speed has increased quite significantly, the average axle load has increased for cars by 75 %, and for locomotives by 100 %; finally, the traffic on significant lines has more than tripled.

Besides, he points to the fact that the rails are often forced to serve on the railways under conditions that cannot be called favorable. Drawing attention to this phenomenon, Dudley argues that the cost of building better roadbed, of getting good ballast, of more frequent laying of sleepers, etc. are paid off quickly **.

Turning to the other side of the matter, Dudley says that the Bessemer metal, made in America lately, became worse than it had been 25 years ago. This is due to the fact that the pure ores needed for this process are now rarely found and are more expensive; but, apart from this reason, Dudley also points out the following: 1) steel is cast into too large blanks, that is why the size of segregation is larger; 2) during casting, little attention is paid to the fact if the reaction in the metal after addition of impurities was able to reach the end; blanks

* The authentic syntaxis was maintained as close to original as possible. – *Ed. note.*

** In our homeland, these instructions should also be kept in mind and executed as the quality of our rails is much worse than that of foreign ones. – *Original editorial note.*



are submitted for rolling immediately after casting; rolling ends at a too high temperature. At the same time, he notes the fact that the old forms of the profile with very small amounts of metal in the sole greatly damaged the cause.

Turning to the means for improvement, Dudley points out that the railways in America have already met the requirements of metallurgists regarding the profile and have developed types that completely satisfy their desires. For example, in type B the associations of metal distribution are already quite symmetrical, namely the head and the sole have 40 % thereof, and the neck has 20 %, etc.

Speaking about production of rails and asking the attention of metallurgists to the fight against steel blistering and segregation, Dudley, by the way, states the following. The question of the size of the piece, which must be cut from the upper part of the blanks to get quite healthy rails, is still controversial, as is the question of the size of segregation. These questions are complex, since you have to deal with a number of factors: steel temperature during casting (higher or lower); mold casting speed (fast or slow); speed of cooling of blanks; when to roll them: whether immediately after casting or not, etc.

As for the technical conditions for the rails, they usually do not give any prescriptions regarding the size of the segment, this is left to the discretion of the producer, and it is believed that the producer will try to keep the rails with the shrinkage shell out of business. Dudley also points out that under the old conditions the rules on testing were unsatisfactory: for example, the choice of a rail for testing was provided to the producer; 1 rail was tested per 5 heats, and if it turned out to be satisfactory, all the rails made during 5 heats were accepted; if not, 1 rail from each of the other 4 heats were tested.

The new technical conditions in this respect are better, since according to them the choice of a rail for testing is provided to the customer's receiver. The test is done by hitting with drop hammer, and the technical conditions usually indicate, besides the weight of the hammer's head and the weight of the chair, the height of the ascent of the drop hammer, and in some conditions the rail deflection is also specified. Dudley finds that this method of testing is well suited to the conditions of service of the rail but considers it necessary to caution against the requirement of excessively large heights when lifting the drop hammers.

Dudley's report does not cover the chemical composition of steel, but at the end of the report Dudley pointed out the success achieved in this matter thanks to the work of the Society for Testing Materials; he drew also the attention of metallurgists to the need to conduct the Bessemer process as thoroughly as possible, and also pointed out the importance of correct statistics of rail breakdowns, which is now conducted by American roads, for judging a rail service (*«La Metallurgie», Iss. 4, 1909*).

Translated by I. T-v (Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 43, p. 241) ●

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-282-287

Вокруг Москвы: сообщения из журнала «Железнодорожное дело» 1909 года


Желѣзнодорожное Дѣло

ЖУРНАЛЪ

Годъ XXVIII.

Публикуем подборку материалов о том, какими были проблемы и какими виделись перспективы развития Московского транспортного узла 110 лет назад. Какие-то проекты реализованы, и мы давно пользуемся их результатами, какие-то идеи и чаяния остались на уровне прожектов, а какие-то вопросы, как, например, запуск нового скоростного сообщения с ближайшими городами, по-прежнему на повестке дня.

Ключевые слова: окружная железная дорога, Москва, пригородная железная дорога, концессия, тарифы, центральный вокзал, соединительные линии (диаметры), трамвай, «Железнодорожное дело».

Редакция выражает признательность персоналу библиотеки Российского университета транспорта за помощь в подготовке материала.

Окружная дорога в кинематограф. – Московская фирма А. Ханжонков, под непосредственным руководством фотографа Императорских театров К. А. Фишера, сняла с натуры всю окружную железную дорогу и снимки эти вчера днём, в присутствии строителя дороги П. И. Рашевского и приглашённых лиц, в числе которых было много инженеров, демонстрировали в кинематографе Континенталь. Зрелище продолжалось около получаса и весьма заинтересовало присутствовавших. Вместо вступления – первая картина, изображающая торжественное освящение и открытие дороги. Станция. Народ. Ждут. Впереди мечется солидный жандарм и наводит порядок. Наконец подходит экстренный поезд, украшенный флагами и гирляндами. Далее молебен. Митрополит во главе духовенства, кругом начальствующие лица, как живые. Вся официальная Москва. После молебна все проходят мимо зрителя к полотну, где режется лента и двигается первый поезд. Далее зритель чувствует себя едущим в поезде. Мелькают леса, поля, дачи, кусочки Москвы. Иллюзия полная. Чувствуется колебание вагона на стрелках, особенно на поворотах. К станции тише, наконец, остановка. Вытягиваются в струнку жандармы, начальники станции. Сторож отгоняет большую пёструю собаку. Гуляют дамы, играют дети. Особенно сильное впечатление, когда поезд въезжает на мост. Под решётками моста темнеет, далее сразу свет и открывается горизонт. Все знакомые картины. Лента кинематографа около 300 метров (*«Голос Москвы», № 253, 31 окт., 1908 г.*).

(Железнодорожное дело. – 1909. – № 4. – С. 28)

Новые электрические дороги. – Инженер Велов обратился в губернское земство с ходатайством выдать ему концессию на сооружение электрической железной дороги от Москвы до Сергеева Посада. Дорога должна пройти по откосу земского шоссе и захватить много дачных местностей.

Концессия на постройку такой же дороги до Сергеева Посада уже предоставлена земством инженеру Пугачёвскому, но до сих пор дорога не проведена, и только в самом Посаде построено несколько зданий, да поставлены мачты для проводов (*«Голос Москвы», № 5, 8 янв. 1909 г.*).

Вчера администрация посёлка Новогиреево, по Нижегородской ж.д., близ ст. Кусково, обратилась в губ. земскую управу с просьбой сдать администрации в аренду полосу земли по земскому шоссе – для устройства электрической ж.д. от Москвы до посёлка Новогиреево. Условия аренды земли и постройки дороги тождественны с условиями, предложенными управе инициаторами постройки такой же дороги от Москвы до Сергеева Посада (*«Раннее Утро», № 7, 10 янв. 1909 г.*).

(Железнодорожное дело. – 1909. – № 14–15. – С. 88)

Трамвай до Сергеева Посада. – Московский губернатор утвердил договор московской губернской земской управы с инженером Пугачёвским о постройке электрического трамвая от Крестовской заставы до Сергеева Посада по левому обрезу Ярославского шоссе. Договор этот состоит в следующем. Срок его 48 лет. Пугачёвский должен построить полотно дороги, станции, подвижной состав и прочее оборудование, необходимые для движения трамвая. Земство отводит землю для линии и зданий. По истечении 30 лет земство может в течение 2 лет выкупить трамвай. Если же почему-нибудь за это время земство не выкупит трамвай, то может его выкупить на 40-м году со дня договора, но уже в течение года. Сооружение линии дороги, её оборудование и открытие должно быть совершено не позже, чем через шесть лет. При этом предприниматель имеет право открывать движение не по всему участку сразу, а по отдельным его частям. По окончании договорного срока линия переходит к земству (*«Раннее Утро», № 152, 1909 г.*).

– По нашим сведениям оказывается, что ни земство сдавать, ни губернатор утверждать не имели права, так как проектированный трамвай предполагается устроить преимущественно на обочинах и резервах казённого шоссе и притом параллельно Московско-Сергеевскому участку казённой Архангельской ж.д., а при таких условиях необходимо разрешение высшего правительства.

(Железнодорожное дело. – 1909. – № 37–38. – С. 212)

О центральном вокзале в Москве. – Работающая по переустройству Московского железнодорожного узла комиссия пришла к отрицательному заключению по вопросу об устройстве Центрального пассажирского вокзала в Москве. Принимая во внимание, что для десяти железнодорожных линий, сходящихся в столице, необходима громадная площадь пространства для путей, комиссия справедливо признала, что строить вокзал в центре нет возможности, постройка же вокзала на окраине едва ли будет отвечать своему назначению.

Для пропуска транзитных пассажирских поездов комиссия полагает возможным воспользоваться соединительными путями между разными дорогами, которые утратили своё значение после открытия Московской Окружной дороги (*«Моск. Вед.», № 270, 20 нояб. 1908 г.*).

(Железнодорожное дело. – 1909. – № 5–6. – С. 44)

Проект нового грандиозного сооружения в Москве. – Вчера закончен и будет внесён в ближайшее собрание городской думы интересный доклад, составленный технической согласительной комиссией городских инженеров и инженеров М.-Курской и Николаевской железных дорог – о переустройстве соединительной ветви между последней и первой дорогами и существующих по этой линии городских проездов.

От Курского до Николаевского вокзала, взамен тоннелей и уродливых насыпей, предложено построить изящную эстакаду, состоящую из металлических колонн, поставленных в расстоянии 5 сажень друг от друга. Вся эстакада будет разделена на 30 пролётов. Вдоль всей эстакады будут навесные балконы для пешеходов, ограждённые красивой архитектурной балюстрадой.

На Каланчёвской пл., под путями соединительной ветви, расположенными на эстакаде, будут устроены три проезда: 1) против Домниковской ул., 2) против

угла Рязанского вокзала и 3) под Южным мостом. Кроме того, по Каланчёвской и Домниковской улицам будет устроен новый проезд по продолжению Мясницкой ул. и Орликова пер.

Освобождающийся при устройстве эстакады участок земли на углу Каланчёвской ул. и Южного пер. будет обращён в новый квартал, в котором может быть устроено более 40 торговых помещений. Расходы по постройке эстакады исчислены по смете в 1 800 000 руб.

Городской думе предлагается: признать этот проект «не противоречащим городским интересам» и возбудить перед правительством ходатайство об отнесении расходов по этому переустройству на счёт казны; в случае производства всех этих работ управлением Курской железной дороги отнести на счёт города остальные намеченные проектом работы на Каланчёвской пл. и прилегающих к ней проездах. С этой целью возбудить ходатайство о разрешении прокладки нового проезда по продолжению Мясницкой ул. и Орликова пер. и необходимого для этого отчуждения частных земель и построек.

Поручить городской управе представить на утверждение думы соображения о размере кредитов, потребных на приведение в соответствующий вид проездов в связи с предполагаемым переустройством соединительной ветви между Курской и Николаевской железными дорогами (*«Раннее утро», № 6, 9 янв. 1909 г.*).

– Без сомнения, это сооружение весьма желательно для Москвы и вполне целесообразно. Оно даст Каланчёвской железнодорожной площади давно ожидаемое благоустройство, освободит городское движение от повторяющихся здесь задержек, поможет установлению центрального обращения поездов Окружной дороги и устранит из обсуждения, если не навсегда, то надолго, несерьёзный вопрос о Центральном пассажирском вокзале в Москве.

(Железнодорожное дело. – 1909. – № 9. – С. 64)

Понижение пригородного тарифа. – Правление Московско-Киево-Воронежской (Брянской) железной дороги, вследствие многочисленных прошений со стороны дачевладельцев, по предложению Министерства путей сообщения, с 1-го мая понизило пригородный тариф на своей дороге до прежней нормы. Пониженный тариф будет действовать до окончания дачного сезона (*«Моск. Вед.», № 108, 1909 г.*).

(Железнодорожное дело. – 1909. – № 44. – С. 252)

Выручка Московских городских железных дорог в 1907 г. – Общая сумма выручки всех городских линий в 1907 году составляла 4352 тыс. руб., больше против 1906 года на 991 тыс. руб. или 29 %. Такая же разница между 1906 и 1905 гг. составляла 28,5 %, а между 1905 и 1904 гг. 21,5 %. Рост выручки 1907 г. был абсолютно и относительно сильнее, чем в предыдущие годы. Этот рост в большей части обусловлен развитием сети электрических трамваев. Влияние развития электрической сети на величину выручки особенно резко выступает при расчленении трамвайных линий на две группы – конных и электрических линий. В то время как выручка электрических линий стремительно возрастает, выручка конных линий, наоборот, сильно сокращается. Это объясняется не только уменьшением длины конных линий, в силу перехода ряда последних на электрическую тягу, но и конкуренцией электрических линий, которые перенимают у конных часть пассажиров. За последние пять лет, 1903–1907 гг., выручка конных линий упала с 1948 тыс. руб. в 1903 г. до 963 тыс. руб. в 1907 году. Выручка же электрических линий возросла с 87 тыс. руб. в 1903 г. до 3389 тыс. в 1907 г. Указанный год был годом наибольшего падения выручки с конных линий и наибольшего абсолютного возрастания выручки с электрических линий. Насколько успешно шла эксплуатация конных и электрических линий, показывают данные о выручке одного вагона в день. Число вагонодней на конных линиях в прошлом году составляло 35794, а на электрических 66426. В среднем, в день на один конный вагон выручка составляла 26 руб. 89 коп., а на электрический – 51 руб. 2 коп., т.е. вдвое больше (*«Вестник путей сообщения», № 3, 1909 г.*).

(Железнодорожное дело. –1909. – № 24. – С. 144) ●

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-282-287

Around Moscow: Reports Retrieved from Rail Business Journal of 1909


Желѣзнодорожное Дѣло

ЖУРНАЛЪ

We publish a selection of materials about the problems that arose and the prospects for development of Moscow transport hub that were discussed 110 years ago. Some projects have been implemented, and we have been using their results for a long time, some ideas and aspirations remained unworkable projects, and some issues, such as launching new rapid passenger routes to the nearest cities, are still on the agenda.

Keywords: circular railway, Moscow, commuter railway, concession, tariffs, central station, connecting lines (diameters), tram, «Zheleznodorozhnoe delo».

The editorial office thanks the staff of the library of Russian University of Transport for kind assistance in preparing the publication.

Circle road to the cinema. – Moscow A. Khanzhonkov firm, under the direct supervision of K. A. Fisher the photographer of the Imperial Theaters, took life photos of the entire circle railway. Those pictures were demonstrated yesterday afternoon in the cinema Continental in the presence of the road builder P. I. Rashevsky and invited persons, including many engineers. The spectacle lasted about half an hour and was very interesting for those who attended. Instead of the introduction one could see the first picture depicting the solemn consecration and inauguration of the road. Station. People. They are waiting. In front of them there is an imposing gendarme who is rushing about, establishing order. Finally, an express train, decorated with flags and garlands, is arriving. The prayer follows. There are the Metropolitan at the head of the clergy, the circle of executive persons, seen as if alive. All the officials of Moscow are present. After the prayer, everyone passes under the look of the viewer to the roadbed, where the ribbon is cut and the first train moves. Further, the viewer feels traveling on a train, can see flickering forests, fields, cottages, pieces of Moscow. The illusion is complete. One can feel the car's oscillation on the switches, especially when turning. The allure is quieter when approaching the station, finally, there is the stop. The gendarmes, the station chiefs, stand at attention. The watchman drives away a large motley dog. Ladies are walking, children are playing. Especially strong impression occurs when the train enters the bridge. First, it is darkening under the grids of the bridge, then immediately the light appears and the horizon opens. All the pictures are familiar. The cinema tape is about 300 meters (*«Golos Moskvy», No. 253, October 31, 1908*).

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 4, p. 28).

New electric roads. – Engineer Velov appealed to the provincial district council with a petition to grant him a concession for construction of an electric railway from

* The authentic syntaxis was maintained as close to original as possible. Necessary explanations are given in square brackets. – *Ed. note.*

Moscow to Sergeev Posad. The road should pass along the slope of the district council highway and capture a lot of dacha [summer cottages] areas.

The concession for construction of the same road to Sergeev Posad has already been provided to the engineer Pugachevsky by the district council, but the road has not yet been laid, and only several buildings were built in Sergeev Posad, and masts for wires were installed (*«Golos Moskvy», No. 5, January 8, 1909*).

Yesterday the administration of the village Novogireevo, on Nizhny Novgorod railway, near the station Kuskovo, turned to the provincial disctrict council with a request to lease the administration a strip of land along the district council highway for construction of an electric railway from Moscow to the village Novogireevo. The conditions for lease of land and construction of the road are identical with the conditions proposed to the administration by the initiators of the construction of the same road from Moscow to Sergeev Posad (*«Rannee Utro», No. 7, January 10, 1909*).

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 14–15, p. 88).

Tram to Sergeev Posad. – Moscow Governor approved the contract of Moscow provincial district council with engineer Pugachevsky on construction of an electric tram line from Krestovskaya outpost to Sergeev Posad along the left-hand edge of Yaroslavl highway. This contract is as follows. Its term is 48 years. Pugachevsky must build a roadbed, stations, rolling stock and other equipment necessary for movement of a tram. District council allocates land for the line and buildings. After 30 years, the district council can buy the tram line within the period of 2 years. If for some reason during this time the district council does not buy the line, it can buy it back in the 40th year from the date of the contract, but during a year. The construction of the line, its equipment and opening must be completed no later than six years later. The entrepreneur has the right to open movement not all over the site at once, but section by section. At the end of the contractual period, the line goes to the district council (*«Rannee Utro», No. 152, 1909*).

– According to our information, it turns out that neither the district council nor the governor had the right to approve [the contract], since the designed tram is supposed to be built mainly on the sidelines and reserves of the official highway and, moreover, parallel to Moscow-Sergeevsky section of the official Arkhangelsk railway, and under such conditions, the permission of the highest government is required.

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 37–38, p. 212).

On the central station in Moscow. – The commission working on rearrangement of Moscow railway junction came to a negative conclusion on the question of setting up the Central Passenger Station in Moscow. Considering that for ten railway lines converging in the capital, an enormous area of space is needed for the tracks, the commission rightly acknowledged that building a station in the center is not possible, while building the station on the outskirts will hardly meet its intended purpose.

For passage of transit passenger trains, the commission considers it possible to use connecting routes between different roads that have lost their significance after the opening of the Moscow Circle Road (*«Moskovsliye Vedomosti», No. 270, November 20, 1908*).

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 5–6, p. 44).

The project of a new grand building in Moscow. – The interesting report, compiled by the technical conciliation commission of urban engineers and engineers of Moscow-Kursk and Nikolaevskaya railways on reorganization of the connecting branch between the former and the latter roads and the city roads existing along this line was completed yesterday and will be presented at the nearest meeting of the City Duma [council].

From Kursky to Nikolaevsky stations, instead of tunnels and ugly embankments, it was proposed to build an elegant overpass consisting of metal columns set at a distance of 5 sazhen [1 sazhen = 7 feet] from each other. The entire overpass will be divided into 30 spans. Along the entire overpass, there will be pendant-mounted balconies, enclosed by a beautiful architectural balustrade.

On Kalanchevskaya square, under the tracks of the connecting branch, located on the overpass, three routes will be arranged: 1) across Domnikovskaya street, 2) opposite the corner of the Ryazan railway station and 3) under the South Bridge. Besides, along Kalanchevskaya and Domnikovskaya streets, a new thoroughfare will be arranged following the continuation of Myasnitskaya street and Orlikov lane.

Plot of land at the corner of Kalanchevskaya street and South lane will be turned into a new district in which more than 40 retail premises can be arranged. The estimated cost of construction of the overpass is of 1 800 000 rubles.

It is proposed to the City Duma to: recognize this project as «not inconsistent with urban interests» and initiate a petition to the government about allocation of expenses for this reorganization to the treasury; in case of performance of all these works by the management of Kursk railway to carry to the city's account the remaining work planned on Kalanchevskaya square and in the adjacent driveways. To this end, [it is suggested] to file a petition for permission to lay a new passage for continuation of Myasnitskaya street and Orlikov lane and to ask for the necessary alienation of private lands and buildings.

[It is proposed] to instruct the city government to submit to the Duma's approval considerations on the amount of loans needed to bring into the appropriate form of passages in connection with the proposed reorganization of the connecting branch between Kursk and Nikolaevskaya railways (*«Rannee utro», No. 6, January 9, 1909*).

– Without a doubt, this structure is highly desirable for Moscow and quite appropriate. It will give Kalanchevsky railway square a long-awaited improvement, free the city traffic from repeated delays here, help to establish the central circulation of the Circle Railway trains and will eliminate the frivolous question about the Central Passenger Station in Moscow from the discussion, if not forever then for a long time.

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 9, p. 64).

Lowering suburban fare. – The Board of Moscow–Kiev–Voronezh (Bryansk) railway, as a result of numerous petitions from the dachas' landlords [owners of summer cottages], and at the suggestion of the Ministry of Transport, on May 1 lowered the suburban fare on its railway to the previous norm. The reduced tariff will be valid until the end of the summer season (*«Moskovskie Vedomosti», No.108, 1909*).

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 44, p. 252).

The revenue of Moscow city railways in 1907. – The total amount of revenue of all city lines in 1907 was 4352 thousand rubles, which is more than in 1906 by 991 thousand rubles or by 29 %. The same difference between 1906 and 1905 was 28,5 %, and between 1905 and 1904 it was equal to 21,5 %. The revenue growth of 1907 was absolutely and relatively stronger than in previous years. This growth is largely due to development of a network of electric trams. The impact of development of the electrical network on the amount of revenue is particularly pronounced when the tram lines are divided into two groups: horse-drawn and electric lines. While the revenue of the electric lines is rapidly increasing, the revenue of horse-drawn lines, on the contrary, has been greatly reduced. This is explained not only by the decrease in the length of horse-drawn lines, due to the transition of a number of the latter to electric traction, but also by the competition of electric lines that take part of passengers from horse-drawn lines. Over the past five years, 1903–1907, revenue from horse-drawn lines has fallen from 1948 thousand rubles in 1903 to 963 thousand rubles in 1907. The revenue of electric lines increased from 87 thousand rubles in 1903 to 3389 thousand in 1907. This year was the year of the greatest drop in revenue from horse-drawn lines and of the greatest absolute increase in revenue from electrical lines. The data on the revenue of one coach per day show how successful the operation of horse-drawn and electric lines was. The number of coach-days on horse-drawn lines last year was 35794, and on electric lines it was 66426. On average, the revenue per horse-drawn coach was 26 rubles 89 kopecks, and on the electric lines it was 51 rubles 2 kopecks [per coach], i.e. twice as much (*«Vestnik putei soobshcheniya», No. 3, 1909*).

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1909, No. 24, p. 144) ●



Год в истории изобретений

Никола́ Жозе́ф Кюньо́ (1725–1804) – французский изобретатель, инженер, первым соорудил самоходную машину. В 1769 году Кюньо представил проект повозки, «движимой действием водяного пара, образуемого огнём». Повозка была на трёх деревянных колёсах – одно впереди и два позади; она была снабжена небольшим паровым котлом и машиной с вертикальным паровым цилиндром, вращающей переднее колесо, снабжённое зубцами.

Чарльз Нельсон Гудьир (1800–1860) – американский изобретатель, впервые провёл вулканизацию каучука. Процесс, открытый им в 1839 году, был запатентован в 1844 году.

Раймо́н Луи́ Гасто́н Планте́ (1834–1889) – французский физик, в 1859–1860 гг. изобрёл первый свинцовый аккумулятор.

Нильс Болин (1920–2002) – шведский инженер, сконструировал в 1959 году трёхточечный ремень безопасности. ●

A Year in the History of Inventions

Nicolas-Joseph Cugnot (February 26, 1725–October 2, 1804) was a French inventor who built the world's first full-size and working self-propelled mechanical land-vehicle, the «Fardier à vapeur»: effectively the world's first automobile. Small version of his three-wheeled fardier à vapeur («steam dray») was made and used in 1769 (a fardier was a massively built two-wheeled horse-drawn cart for transporting very heavy equipment, such as cannon barrels). He was one of the first to successfully employ a device for converting the reciprocating motion of a steam piston into a rotary motion by means of a ratchet arrangement.

Charles Goodyear (December 29, 1800–July 1, 1860) was an American self-taught chemist and manufacturing engineer who in 1839 developed vulcanized rubber, for which he received patent number 3633 from the United States Patent Office on June 15, 1844 (Goodyear's U. S. Patent No. 240: Improvement in the Process of Divesting Caoutchouc, Gum-Elastic, or India-Rubber of its Adhesive Properties, and also of Bleaching the Same, and Thereby Adapting it to Various Useful Purposes).

Gaston Planté (April 22, 1834–May 21, 1889) was a French physicist who invented the lead-acid battery in 1859–1860. This type battery was developed as the first rechargeable electric battery marketed for commercial use and it is widely used in automobiles.

Nils Ivar Bohlin (July 17, 1920–September 21, 2002) was a Swedish mechanical engineer, who invented in 1959 the three-point safety belt. ●



КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ • BIBLIO-DIRECTIONS

ТРАНСПОРТНАЯ НАУКА 290

Как работают наши коллеги из научных журналов.

МАТЕМАТИКА И МОРЕ 296

Буровые суда и их перемещения: рецензия на книгу.

АВТОРЕФЕРАТЫ 309

- *Груз на внешней подвеске и управляемость вертолёта.*
- *Транспортно-пересадочные узлы в системе городского транспорта.*
- *Трассирование железной дороги при высокой сейсмичности.*
- *Электронное управление дизелем тепловоза. и эффективность работы.*
- *Устойчивость верхнего строения пути в кривых с применением геосетки.*
- *Токосъём для высокоскоростного и тяжеловесного движения.*
- *Трибологическое состояние рельсов.*
- *Усиление мощности железных дорог Узбекистана.*
- *Схемы станционных горловин.*

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ 316

Научные издания российских и зарубежных издательств.

TRANSPORT SCIENCES 293

The best practices of our colleagues from scientific journals.

MATHEMATICS AND THE SEA 303

Drilling vessels and their positioning: a review of the book.

ABSTRACTS OF SELECTED D.SC. AND PH.D. THESES 313

- *Externally suspended cargo and controllability of a helicopter.*
- *Location of interchange hubs within urban transport system.*
- *Routing of railways in the areas with high seismicity.*
- *Layout of stations' necks.*
- *Electronic control systems and the efficiency of diesel engines.*
- *Reinforcing superstructure stability in curves with geogrid.*
- *Current collection for high-speed and heavy haul traffic.*
- *Tribological conditions of rails.*
- *Strengthening the capacity of the railways of Uzbekistan.*

NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION 318

Scientific editions of Russian and global publishing houses.

УДК 656:05:045/046
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-290-295

Transport Problems – региональный научный журнал, способствующий глобальному информированию



Александр Сладковски *–Силезский технологический университет, Гливице, Республика Польша*.*

Александр СЛАДКОВСКИ

Вместо аннотации. Представляем научный журнал «Transport Problems» («Транспортные проблемы»).

Издаётся с 2006 года, минимальное годовое количество номеров – 4.

Среднее ежегодное количество статей – 65.

Издатель: Силезский технологический университет (Silesian University of Technology), Польша.

p-ISSN: 1896–0596; e-ISSN2300–861X.

Тематика статей:

- *автодорожный транспорт, железнодорожный транспорт, авиационный и космический транспорт, морской и речной транспорт;*
- *промышленный транспорт;*
- *городская коммуникация, вопросы транспорта для интеллектуальных городов;*
- *управление транспортом в мегаполисах, моделирование транспортных систем, управление дорожным движением;*
- *велосипеды, мотороллеры и мотоциклы как средства транспорта;*
- *подготовка грузов, организация и координация перегрузочных работ;*
- *логистические центры, интегрированные транспортные системы;*
- *интермодальный, мультимодальный и комбинированный транспорт;*
- *компьютерные системы для проектирования средств транспорта;*
- *производство средств транспорта;*
- *техническая диагностика транспортных средств;*
- *активные и пассивные средства безопасности, безопасность транспортных систем;*
- *прогнозирование объёмов движениия и перевозок и региональные требования, статистика на транспорте;*
- *влияние законодательного регулирования на безопасность на транспорте;*
- *автоматизация на транспорте;*
- *транспортная экономика;*
- *экологические проблемы на транспорте;*
- *влияние транспорта на проблемы здоровья и эргономика;*
- *транспортная инфраструктура;*
- *образование для транспортной отрасли;*
- *более специфические вопросы транспорта (по согласованию с редакцией).*

Журнал включён в большинство профильных баз данных, в том числе Scopus (с 2012 года) и WoS (с 2016).

Журнал имеет статус Open Access и входит в базу данных DOAJ. Все статьи доступны для скачивания в формате PDF.

На Web-странице журнала: http://transportproblems.polsl.pl/en/default.aspx опубликованы опубликованы требования к публикациям, редакторская и лицензионная политика, а также принятая процедура рецензирования.

---

*Информация об авторе:
Александр Сладковски – доктор технических наук, профессор Силезского технологического университета, главный редактор журнала «Transport Problems», Гливице, Республика Польша, aleksander.sladkowski@polsl.pl.

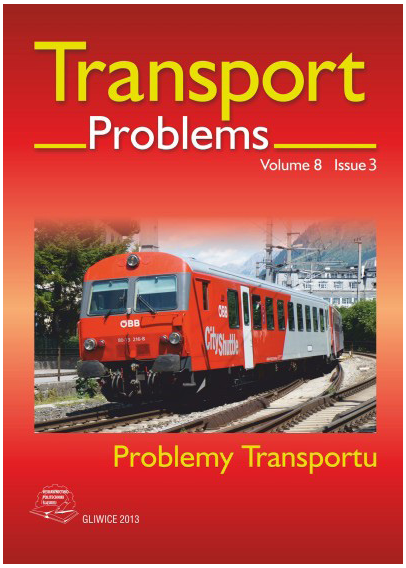
Статья поступила в редакцию 26.05.2019, принята к публикации 03.06.2019.

For the English text of the article please see p. 293.

В настоящее время в мире существует множество журналов транспортного направления. Они отражают различные аспекты, связанные с развитием транспортных систем, начиная от вопросов конструирования и технологий до задач развития права или образования в транспортной отрасли. 14 лет назад на Факультете транспорта Силезского технологического университета возник научный журнал, который стал печататься в издательстве этого университета. Была ли в этом насущная необходимость? Прошедшие годы и полученный опыт позволяют положительно ответить на поставленный вопрос.

Главная идея создания журнала содержится в его названии. Медики утверждают, что правильно поставленный диагноз – это половина лечения. Создатели журнала также утверждают, что правильно сформулированная транспортная проблема – это уже большой шаг к её последующему решению. Вполне очевидно также, что постсоциалистический регион имел огромные проблемы в транспортной отрасли, которые зачастую были или неинтересны для экономически развитых стран, или даже просто непонятны для учёных и специалистов, которые работают в соответствующих научных организациях, университетах или фирмах. Тем самым, основной задачей создателей журнала было создать платформу для обсуждения существующих проблем отрасли, возможность обмена передовым опытом для региональной транспортной науки, а также привлечь внимание научной общественности к потенциальным возможностям региона и его достижениям. Следует подчеркнуть, что последнее зачастую удаётся в условиях существенных финансовых ограничений, которые позволяют решить ту или иную транспортную проблему наиболее рациональными методами, прежде всего, с финансовой точки зрения.

Рассматриваемый журнал создавался не на пустом месте, поскольку в Силезском технологическом университете на протяжении многих лет издавался сборник научных трудов (Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej / Transport). Его недостатком было то, что, во-первых, он издавался нерегулярно. Во-вторых, большая часть статей выходила на польском языке. В-третьих, он был доступен только в виде печатного издания. Были ещё и другие, менее существенные недостатки. Соответственно, было решено, что создаваемое издание будет печататься регулярно в качестве ежеквартального журнала. Основным (а в настоящее время единственным) языком журнала является английский. И, наконец, что совпало с общемировой тенденцией, это будет журнал, имеющий статус Open access,



то есть все его статьи будут доступны в открытом доступе в форме PDF-файлов.

Очевидно, что такое издание требует финансовых вложений. На первом этапе финансирование осуществлялось за счёт средств университета, но в дальнейшем, после соответствующего распоряжения Министерства науки и высшего образования Польши, редакции пришлось переложить бремя финансирования издания на плечи авторов. Журнал стал действовать на принципах окупаемости расходов, но редакция старается объём финансирования поддерживать на минимально необходимом уровне, понимая, что для учёных и специалистов из рассматриваемого региона финансовые расходы, связанные с опубликованием статей, могут быть затруднительны.

В настоящее время оплата публикации статьи независимо от количества страниц (максимальный объём статьи 14 стр.) составляет 250 евро. Указанная сумма оплачивается только для тех статей, которые уже приняты к публикации. Журнал издаётся как в электронном, так и в печатном виде, которые идентичны. Данная оплата позволяет обеспечить хорошее качество печати, в том числе цветную печать рисунков. Авторы статей и члены программного комитета журнала получают бесплатные экземпляры.

Значительная часть оплаты идёт на лингвистическую коррекцию статей. Создатели журнала понимали, что для большинства авторов английский язык не является родным, а найти хороших переводчиков (native speakers), которые бы владели транспортной терминологией и разбирались в какой-то степени в рассматриваемой тематике, что является необходимым условием для адекватного перевода, весьма затруднительно. Поэтому в настоящее время такая коррекция осуществляется в США с использованием услуг

фирмы Exeley Inc. От авторов требуется подготовка статьи с уровнем английского перевода, достаточным для понимания сущности предлагаемых решений рецензентами.

Все правила оформления статей, рецензирования, лицензирования и прочего опубликованы на интернет-странице журнала [1]. Тем не менее вопросы рецензирования следует рассмотреть отдельно. Согласно правилам журнала, каждая статья должна получить две положительные рецензии от ведущих учёных мира. Редакция не имеет постоянного состава рецензентов. Для каждой статьи выбираются потенциальные рецензенты, являющиеся известными специалистами по рассматриваемой тематике и имеющие учёную степень доктора наук (профессора). Рецензирование является анонимным, но в последнем номере журнала за каждый год публикуется общий список рецензентов. Рецензенты выбираются так, чтобы они не представляли те же страны, что и авторы, что позволяет исключить конфликт интересов.

Большим подспорьем для журнала является его взаимодействие с одноимённой научной конференцией (симпозиумом). Научный комитет данных мероприятий рекомендует избранные доклады для дальнейшей доработки и возможной публикации в журнале. Рекомендация научного комитета засчитывается как одна из положительных рецензий. Кроме того, статьи участников конференции рассматриваются редакцией журнала вне очереди. Процесс публикации в журнале из-за большого количества желающих опубликовать статьи является достаточно длительным и в настоящее время составляет около 1,5 лет. Тем не менее участие в конференции позволяет будущим авторам существенно ускорить публикацию своих статей. Таким образом, существует взаимный интерес: с одной стороны, для потенциальных авторов – ускоренное опубликование в журнале, который входит в базы Scopus и WoS; с другой стороны, для журнала важно иметь максимально широкий выбор статей, что позволяет поднять общий научный уровень публикаций, расширить цитирование отдельных статей и, в конечном счёте, увеличить индекс цитирования журнала в наукометрических базах.

В настоящее время журнал «Transport Problems» получил очень широкое распространение. Он содержится в более чем 250 базах данных многих стран. Это базы данных публичных библиотек, научных институтов и университетов, коммерческие базы данных. Среди таких баз наиболее известны Scopus, WoS, Index Copernicus, РИНЦ и некоторые другие. Несмотря на то, что журнал изначально позиционировался как региональное издание, в настоящее время в нём опубликованы работы учёных и специалистов из 45 стран. Очевидно, что количественно в нём преобладают работы из стран Центральной Европы и бывшего СССР, но публикуются также авторы из США, Китая, Индии, Западной Европы и многих других стран. Последний анализ данных базы Scopus показывает, что в 2018 году статьи журнала цитировались 214 раз (без самоцитирования 212 раз). Если учесть, что, например, в 2018 году было опубликовано 55 статей, можно оценить уровень цитирования журнала, который сейчас входит в число весьма заметных отраслевых научных журналов.

Отдельно следует сказать несколько слов в отношении редакционной политики. Редакция журнала старается максимально помочь авторам доработать свои статьи до научного уровня, который бы соответствовал самым высоким требованиям ведущих научных журналов. К сожалению, зачастую авторы из стран бывшего СССР допускают существенные ошибки при оформлении статей, которые отправляются в редакцию журнала. Это неверное цитирование литературы и отсутствие соответствующего литературного анализа, отсутствие описания научной новизны, отсутствие структурирования статьи, и ряд других весьма существенных оформительских неточностей. Несколько лет назад автор данного материала по просьбе казахстанских коллег написал статью [2], в которой были проанализированы наиболее типичные ошибки. К сожалению, приходится констатировать, что данная статья не утратила актуальности, и её можно рекомендовать к прочтению будущим авторам журнала «Transport Problems».

В заключение хочется отметить, что большое значение имеет взаимодействие учёных разных стран. Научные журналы имеют предназначение не только обмена информацией, но и прежде всего для объединения международного научного сообщества для решения актуальных проблем. Считаем, что взаимодействие журналов «Transport Problems» и «Мир транспорта» может способствовать развитию взаимопонимания между учёными разных стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. International scientific journal «Transport Problems». – Silesian University of Technology, Poland. [Электронный ресурс]: http://transportproblems.polsl.pl/en/default.aspx. Доступ 26.05.2019.

2. Сладковски А. К вопросу написания научных статей для журналов, входящих в наукометрические базы данных // Новости науки Казахстана. –2014. –№ 4. – pp. 9–17. – ISSN1560–5655. ●

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-290-295

Transport Problems: the Regional Scientific Journal Contributing to Global Information



Sładkowski, Aleksander, *Silesian University of Technology, Gliwice, Republic of Poland*.*

Aleksander SŁADKOWSKI

Instead of the abstract: Brief presentation of Transport Problems scientific journal.

Published since 2006, minimal number of issues per year: 4.

Average annual number of articles: 65.

Publisher: Silesian University of Technology, Poland.

p-ISSN: 1896–0596; e-ISSN2300–861X.

Topics of articles:

- *road transport, railway transport, air and space transport, sea and river transport;*
- *industrial transport;*
- *urban communication, transport issues for smart cities;*
- *transport management in megacities, modeling of transport systems, traffic control;*
- *bicycles, scooters and motorcycles, as means of transport;*
- *preparing cargo, cargo forwarding and delivery, coordination of cargo handling operations;*
- *logistics centers, integrated transport systems;*
- *intermodal, multimodal and combined transport;*
- *computer systems for design of vehicles;*
- *mechanical engineering, rolling stock and vehicles' manufacture;*
- *technical troubleshooting of vehicles;*
- *active and passive safety features, safety of transport systems;*
- *traffic forecasting and regional requirements, transport statistics;*
- *impact of safety legislation on transport;*
- *transport automation;*
- *transport economics;*
- *transport and environmental problems;*
- *impact of transport on health problems and ergonomics;*
- *transport infrastructure;*
- *education for transport industry;*
- *more specific issues of transport (by agreement with the editors).*

The journal is included in most international reference databases, including Scopus (since 2012) and WoS (since 2016).

The journal has the status of Open Access and is included in the database DOAJ. All articles are available for download in PDF format.

Web-page of the journal: http://transportproblems.polsl.pl/en/default.aspx contains information on publication requirements, editorial and licensing policies, as well as the adopted review procedure are published there.

*Information about the author:
Sładkowski, Aleksander – D.Sc. (Eng), Professor of Silesian University of Technology, editor-in-chief of the Transport Problems Journal, Gliwice, Republic of Poland, aleksander.sladkowski@polsl.pl.

Article received 26.05.2019, accepted 03.06.2019.

For the original Russian text of the article please see p. 290.

Currently, in the world there are many journals in the field of transport and transportation. They reflect various aspects related to development of transport systems, ranging from design and technology issues to development of law or education in the transport industry. 14 years ago a scientific journal was born at the Faculty of Transport of the Silesian Technical University, and the publishing house of that university started publishing it. Was this an urgent need? The past years and the experience gained allow us to respond positively to the question posed.

The main idea of creating a journal is contained in its title. Doctors say that the correct diagnosis is half of the treatment. The founders of the journal also claim that a properly formulated transport problem is already a big step towards its subsequent resolution. It is also quite obvious that the post-socialist region had enormous problems in the transport industry, which were often either uninteresting for economically developed countries, or even simply incomprehensible for scientists and specialists who work in relevant scientific organizations, universities or companies. Thus, the main task of founders of the journal was to create a platform for discussing the existing problems of the industry, an opportunity to share best practices for regional transport science, and to draw the attention of the scientific community to the potential opportunities of the region and its achievements. It should be emphasized that the latter is often possible under the conditions of substantial financial constraints, which make it possible to solve a particular transport problem by the most rational, lean methods, primarily from a financial point of view.

The journal in question was not created from scratch, since the collection of scientific works (Zeszyty naukowe Politechniki Śląskiej/ Transport) had been published at the Silesian Technical University for many years. Its disadvantage was that, firstly, it was published irregularly. Secondly, most of the articles were published in Polish. Thirdly, it was available only in print form. There were other, less significant disadvantages. Accordingly, it was decided that the publication will be published regularly as a quarterly journal. The main (and currently single) language of the journal is English. And, finally, and that coincided with the global trend, it would be a journal with Open Access status, i.e. all its articles will be available for open access in the form of PDF-files.

Obviously, such a publication requires financial investments. At the first stage, financing was carried out at the expense of the university, but later, after the corresponding order of the Ministry of Science and Higher Education of Poland, the editorial staff had to shift the burden of financing the publication onto the shoulders of the authors. The journal has become commercial, but the editors are trying to keep the amount of funding at the minimum necessary level, realizing that it might be difficult for scholars and experts from the region in question to bear associated costs.

Currently, payment for the publication of an article, regardless of the number of pages (maximum volume of an article is 14 pages), is 250 euros. This amount is paid only for those articles that have already been accepted for publication. The journal is published both electronically and in print, both editions are identical. This payment allows to ensure good print quality, including color printing of pictures. Authors of articles and members of the program committee of the journal receive free copies.

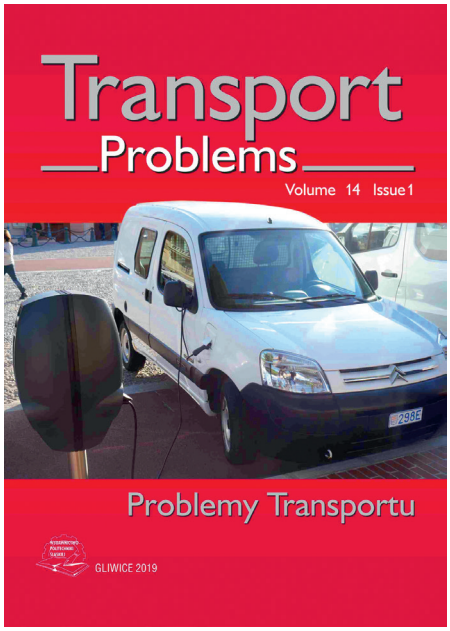
A significant part of the payment is used for linguistic correction, proof-reading of articles. The creators of the journal understood that for most authors, English is not native, and finding good translators (native speakers) who would be proficient in transport terminology and understand to a certain extent the subject in question, which is a prerequisite for an adequate translation, is very difficult. Therefore, at present, such a proof-reading is carried out in the United States using the services of Exeley Inc. Authors are required to prepare an article with a level of English translation sufficient for the reviewers to understand the essence of the proposed solutions.

All rules for design of articles, reviewing, licensing, etc. are published at the Internet page of the journal [1]. However, reviewing should be considered separately. According to the rules of the journal, each article should receive two positive reviews from leading world scientists. The editors do not have a permanent list of reviewers. For each article, potential peer reviewers are selected, who are well-known experts in the subject matter and have a Ph.D. degree (or professors). The reviewing process is anonymous, but a general list of reviewing process is published each year in the final issue of the journal. Reviewers are chosen so that they do not represent the same countries as the authors, which allows to exclude a conflict of interest.

The journal is greatly assisted in his mission through in his mission through its interaction with the scientific conference of the same name (symposium). The scientific committee of these events recommends selected reports for further refinement and possible publication in the journal. The recommendation of the scientific committee is deemed to be one of the positive reviews. Besides, articles of the conference participants are considered by the editors of the journal without queuing. The process of publication in the journal due to the large number of people willing to publish articles is quite long and currently is about 1,5 years. However, participation in the conference allows future authors to significantly speed up the publication of their articles. Thus, there is mutual interest: on the one hand, for potential authors to get the accelerated publication in the journal, which is included in the Scopus and WoS databases; on the other hand, it is important for the journal to have the widest possible choice of articles, which allows raising the general scientific level of publications, expanding citation of individual articles and, ultimately, increasing the journal's citation index in scientometric databases.

Currently, the journal «Transport Problems» is widespread. It is included into more than 250 databases in many countries. These are databases of public libraries, scientific institutes and universities, commercial databases. Among such databases, Scopus, WoS, Index Copernicus, RISC, and some others are best known. Despite the fact that the journal was initially positioned as a regional publication, at present it contains the works of scientists and specialists from 45 countries. It is obvious that quantitatively it is dominated by works from the countries of Central Europe and the former USSR, but authors from the USA, China, India, Western Europe and many other countries are published as well. The latest analysis of Scopus database data shows that in 2018 journal articles were quoted 214 times (without self-citing, the figure is 212 times). If we consider that, for example, in 2018 55 articles were published, we can estimate the citation rate of the journal, which is now among the most prominent industry scientific journals.

Besides, a few words should be said about editorial policy. The editors of the journal are trying to help the authors as much as possible to tune their articles to a scientific quality that would meet the highest requirements of leading scientific journals. Unfortunately, often authors from the countries of the former USSR make significant mistakes in preparing articles that are sent to the editors of the journal. There are incorrect quotations of literature and absence of an appropriate references' analysis, absence of a description of scientific novelty, lack of appropriate structuring of an article, and a number of other very significant inaccuracies. A few years ago, at the request of Kazakh colleagues, the author of this material wrote an article [2] in which the most common mistakes were analyzed. Unfortunately, we have to admit that this article has not lost its relevance and can be recommended for reading to future authors of the journal «*Transport Problems*».



In conclusion, I would like to note that interaction of scientists from different countries is of great importance. Scientific journals have the mission not only to promote exchanges of information, but above all to unite the international scientific community in solving current problems. We believe that interaction of the journals «*Transport Problems*» and «*World of Transport and Transportation*» can contribute to development of mutual understanding between scientists from different countries.

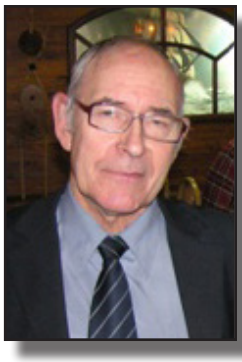
REFERENCES

1. International scientific journal «*Transport Problems*». Silesian University of Technology, Poland. [Electronic resource]: http://transportproblems.polsl.pl/en/default.aspx. Last accessed 26.05.2019.

2. Sładkowski, A. On the issue of writing scientific articles for journals included in the scientometric database [*K voprosu napisaniya nauchnykh statei dlya zhurnalov, vkhodyashchikh v naukometricheskie bazy dannykh*]. *Novosti nauki Kazakhstana*, 2014, Iss. 4, pp. 9–17, ISSN 1560–5655.

УДК 629.1(075.4)
https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-296-308

Буровые суда: перемещение, смещение и удержание



Амелин Василий Степанович *– Московская государственная академия водного транспорта (МГАВТ) – филиал Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, Москва, Россия*.*

Василий АМЕЛИН

Крамарь В. А., Душко В. Р., Душко В. В. Обобщённая математическая модель пространственного перемещения бурового судна. – М.: Вузовский сборник, Инфра-М, 2018. –118 с.

В монографии рассмотрены особенности динамики буровых судов, предназначенных для работы в морских условиях. Комплекс включённых в монографию теоретических исследований направлен на решение задач, связанных с обоснованием особенностей системы динамического позиционирования бурового судна, необходимой для его эксплуатации в условиях открытого моря.

Условия функционирования системы автоматического удержания судна определяются балльностью ветра и волнения и допустимой скоростью течения.

Предложенные алгоритмы решения задач управления бурового судна представляют собой цифро-аналоговый комплекс, что обусловлено нелинейностью решаемых задач и наличием в алгоритмах логических условий.

Разработанная авторами структурная схема управления обеспечивает возможность её технической реализации.

Ключевые слова: морской транспорт, нефтедобыча, математическая модель, буровое судно, позиционирование, пространственное перемещение, система управления.

---

*Информация об авторе статьи-рецензии:
Амелин Василий Степанович – кандидат технических наук, профессор Московской государственной академии водного транспорта (МГАВТ) – филиала Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, Москва, Россия, kaf-sudostroeniya@yandex.ru.

Статья-рецензия поступила в редакцию 25.04.2019, принята к публикации 17.06.2019.

For the English text of the review please see p. 303.

Издательствами «Вузовский учебник» и «Инфра-М» совместно опубликована в виде монографии книга В. А. Крамаря, В. Р. Душко, В. В. Душко «Обобщённая математическая модель пространственного перемещения бурового судна». Как отмечают авторы, в монографии рассматривается методика построения обобщённой математической модели пространственного перемещения бурового судна, учитывающей взаимное влияние различных видов движения, а также изменения параметров судна в зависимости от вида выполняемой работы.

Книга предназначена для студентов, магистрантов и аспирантов машиностроительных и приборостроительных вузов, а также слушателей отделений переподготовки и повышения квалификации в области систем управления, океанографии и кораблестроения. Содержание монографии вызовет несомненный интерес и у широкого круга специалистов, имеющих отношение к проблемам освоения Мирового океана и континентального шельфа, что обусловлено бурным развитием технологий добычи полезных ископаемых в морских условиях.



Буровые суда в общем спектре технических средств изучения и освоения Мирового океана и континентального шельфа занимают одно из центральных мест. Они предназначены для работы в условиях морского волнения, действия ветра и морских течений, ведут разведочное бурение на разных глубинах в больших по площади морских районах. Эти суда отличаются высокой сложностью, использованием разнообразных морских технологий, выполняют работы по монтажу подводного оборудования, спуско-подъёмным операциям, бурению, работают с забортной измерительной аппаратурой, оснащаются комплексом технологического оборудования для обустройства скважин, оборудуются системами позиционирования судна над устьем скважины.

Алгоритмы выработки управляющих воздействий в системе позиционирования бурового судна должны обеспечивать не только оптимизацию процесса позиционирования судна, но и прогнозировать вероятность аварийных ситуаций и её минимизацию. Поэтому к измерению координат судна, характеристик волнения, скорости ветра и течения и других параметров предъявляются особые требования в отношении их точности. Для производства замеров могут использоваться системы, работающие на различных физических принципах – гидроакустические системы, системы спутниковой навигации, радиосвязь с береговыми маяками, инклинометрические и гироинерциальные системы.

Перечисленные особенности буровых судов требуют решения разнообразных теоретических задач, проведения экспериментальных исследований, разработки требований к создаваемой технике, обеспечивающих эффективную эксплуатацию судна.

Исследования, приводимые в рассматриваемой монографии, направлены на решение указанных проблем и продолжают работу, начатую в ряде публикаций других авторов. Монография содержит семь глав, заключение и библиографический список. Она охватывает круг вопросов, связанных с теорией, проектированием, эксплуатацией буровых судов, решение которых направлено на обоснование и создание системы автоматического удержания судна над точкой бурения (система динамического позиционирования). В качестве основных проблем, яв-

ляющихся существенными для разработки системы автоматического удержания судна, авторы выделяют следующие:

• разработка математических моделей буровых судов, которые учитывают специфику конструкции судов, бурового оборудования и технологии выполнения буровых работ;

• получение расчётных соотношений для определения силы упора активных средств управления;

• разработка принципов построения системы измерения смещений бурового судна и обеспечение требуемой точности этих измерений;

• разработка структуры системы автоматического удержания бурового судна.

С учётом того, что при работе бурового судна изменяются не только действующие на суда внешние силы (волновое давление, ветер, течение, силы упора движителей и активных подруливающих средств), но и динамические характеристики системы судно–буровое оборудование, авторы подразделяют динамику бурового судна на отдельные периоды:

• начальный период – от момента удержания судна над точкой бурения до начала перемещения масс бурового оборудования;

• подготовительный период, в котором происходит опускание буровой колонны труб, характеризующийся изменением гидродинамических характеристик судна и моментов инерции системы;

• период бурения, в течение которого изменяются вертикальные силы, действующие на буровую колонну;

• конечный период (период подъёма труб).

Для описания динамических характеристик системы судно–буровое оборудование в работе вводится несколько систем координат – система, неподвижная в пространстве, и три системы координат, связанных с судном, после чего описываются связи между этими системами через Эйлеровы углы.

Базовой частью работы является глава под названием «Общие соотношения», которая посвящена разработке уравнений движения бурового судна. Для их получения используются известные методы теоретической механики и механики жидкости. Однако вывод этих уравнений имеет специфические особенности. Так, для описания перемещения масс бурильного оборудования по вертикали, кроме вектора внешних сил и главного момента внешних сил, авторы вводят понятия вектора количества движения частиц, отбрасываемых с поверхности тела в единицу времени, и вектора момента количества движения частиц, отбрасываемых в единицу времени, дифференцируя массу перемещаемых труб по времени. Такой учёт изменения масс перемещаемых труб распространяется и на моменты инерции масс и на присоединённые массы жидкости, величина которых зависит от длины буровой колонны.

Уравнения динамики бурового судна (по определению авторов – обобщённые уравнения динамики бурового судна) получены для случая движения судна на регулярном волнении. Для этих целей использована принятая в гидромеханике методика вывода таких уравнений; при этом в граничные условия равенства производных потенциалов от скоростей системы волн на поверхности и потенциала возмущённого движения жидкости (дифрагированные волны) введено значение вектора скорости начала координат. В уравнениях движения учитывается волновое демпфирование, обусловленное создаваемыми при качке корабельными волнами.

Система уравнений дополнена уравнениями для составляющих вынужденных колебаний при вертикальном и горизонтально-поперечном движении судна на регулярном волнении.

Обобщённые уравнения движения бурового судна на регулярном волнении позволяют описать динамику движения судна в любом из выделенных авторами периодов в виде частных моделей. Эти вопросы рассмотрены отдельно, в частности, приведена развёрнутая форма уравнения движения судна в предварительный период (соответствует периоду опускания колонны труб), при этом массы, моменты инерции и присоединённые массы жидкости принимаются постоянными. В упрощённой постановке учитывается также скорость течения, однако его влияние на динамику не рассматривается.

В заключение приводится система очень громоздких дифференциальных уравнений, разрешённых относительно производных по скоростям движения. В этих уравнениях коэффициенты выражены через параметры судна.

В качестве внешних сил, действующих на буровое судно, авторы учитывают:

• восстанавливающие силы – используются метацентрические формулы остойчивости;

• демпфирующие силы вязкостной природы (силы сопротивления движению судна);

• силы волнового давления;

• силы на движителях и подруливающих устройствах;

• силы давления ветра.

Перечисленные силы рекомендуется определять по выражениям, заимствованным из других источников. Силы и моменты этих сил представляются в виде проекций на оси принятых систем координат.

Особое внимание уделено влиянию бурового оборудования на параметры уравнения движения судна. При этом рассматривается изменение положения центра масс системы судно–буровая колонна. Составлено дифференциальное уравнение, позволяющее определять положения центра масс судна на любой стадии опускания (подъёма) буровой колонны.

Рассмотрена задача об изменении присоединённых масс жидкости буровой колонны в зависимости от её длины. Задача решена в предположении, что колонна труб может быть схематизирована трёхосным эллипсоидом. Получены расчётные выражения для всех присоединённых масс колонны. Для системы буровое судно–колонна труб присоединённые массы определяются суммированием присоединённых масс судна и колонны.

Рассмотрены изменения моментов инерции масс судно–буровая колонна. Приводятся точные решения для моментов инерции колонны труб и приближенные выражения для моментов инерции масс системы судно–буровая колонна. По результатам исследований об изменении моментов присоединённых масс выполнены численные расчёты и дана оценка влияния бурового оборудования на параметры уравнения динамики судна. Сделан вывод об относительно малом влиянии изменения присоединённых масс и, как следствие, – о возможности пренебречь этим изменением, а также о необходимости исследования влияния на движение бурового судна изменения центра масс системы судно–буровая колонна. В дополнение к главам, связанным с составлением и анализом уравнений движения, приведено общее краткое описание активных средств управления для удержания бурового судна в заданной точке, а также выражения для определения некоторых характеристик их работы (упора, момента, потребляемой мощности), заимствованные из других источников.

Исходя из минимизации требуемой мощности, изучен также вопрос выбора оптимального положения бурового судна по отношению к направлению действия ветра и течения. В качестве критериев оптимальности используются критерии, рассмотренные выше.

Отдельная глава отведена смещению бурового судна. Анализируются системы, используемые в настоящее время для определения положения судна в открытом море: радионавигационные (спутниковые и с наземными ориентирами); инерциальные навигационные системы; астронавигационные системы; а также специальные методы, обусловленные особенностями работы бурового судна: динамометрические, инклинометрические, гидроакустические.

Делается вывод о целесообразности использования для определения положения плавучего основания системы гидролокации.

Рассмотрена задача определения смещений бурового судна относительно маяка по данным измерений разностно-дальномерной системы.

Составлены и проанализированы системы уравнений, описывающие связи координат маяка и приёмников. Обращено внимание, что прямым методом решения этих уравнений задача определения координат судна не решается из-за иррациональности системы. Приводятся условия, которым должны удовлетворять координаты приёмников для получения

решения задачи и обеспечения необходимой точности. Разработан алгоритм вычисления координат маяка (или смещения приёмников относительно маяка). Рассмотрена задача об определении горизонтальных смещений бурового судна при качке, получены необходимые соотношения. При этом решается задача о влиянии углов качки на ошибки измерений. Приведены расчёты погрешностей измерений координат судна в зависимости от углов качки.

Последняя глава монографии направлена на разработку системы автоматического удержания бурового судна. При постановке задачи авторы исходят из того, что удержание бурового судна возможно при установке двух и более АСУ, каждое из которых может иметь два управляющих воздействия – силу упора и угол разворота (другие схемы АСУ не рассматриваются). Как следствие, при воздействии на судно течения, ветра и волнения, при общем требовании обеспечения высокой точности, необходимо обеспечивать управление АСУ автоматически, то есть требуется разработка системы автоматического управления АСУ.

Задача системы автоматического управления АСУ формулируется авторами следующим образом:

1. Система управления АСУ должна обеспечивать стабилизацию горизонтальных смещений судна с необходимой точностью.

2. Система должна обеспечивать управление по углу курса таким образом, чтобы текущее его значение совпадало с оптимальным значением, обеспечивающим минимизацию затрат мощности на управление.

Авторами предложена структурная схема автоматической системы управления, которая основывается на следующих принципах. Система, вследствие наличия неизмеряемых возмущений (волновое давление), неточности вычисления сил давления и ветра должна строиться по комбинированному принципу в цифроаналоговом виде. Положение судна как объекта управления определяется смещениями относительно гидроакустического маяка, установленного на дне моря. Характеристики волнения и качки судна считаются помехами. Каждое из внешних возмущающих воздействий (ветер, течение) характеризуется скоростью и направлением. Силы упора АСУ и их углы – управляющие воздействия. Система гидролокатора измеряет разности прихода сигналов на приёмники, по результатам измерений которых через вычислительный комплекс определяются координаты судна. Блок управления по отклонению вырабатывает промежуточные управляющие воздействия. Блок оптимизации сил упора осуществляет оптимизацию промежуточных управляющих воздействий в цифровой форме по силе упора и углам управления, используемым автоматическим приводом по отслеживанию сил упора и углов разворота. Измеряемыми величинами являются углы ветра и течения и их скорости, горизонтальные смещения судна и курсовой угол. Реализация предлагаемой системы управления возможна только при упрощении модели бурового судна.

Такое упрощение управления движением выполнено авторами на основе учёта действия ряда благоприятных факторов: малого отклонения судна от начала координат, ограниченных параметров качки (при необходимости, путём установки успокоителей качки и др.). По результатам упрощённых уравнений движения и их линеаризации выполнен анализ оптимальных управлений при случайных стационарных возмущениях. В качестве критерия оптимальности управления принят функционал, зависящий от координат и управления. Для минимизации функционала при ограничении координат судна с допустимым диапазоном отклонений использован метод неопределённых множителей Лагранжа и условий минимума критерия в виде уравнений Эйлера–Пуассона. Для возмущений, заданных корреляционными функциями, получены законы управления, выполнена оптимизация параметров системы. С использованием метода неопределённых множителей Лагранжа решена задача синтеза параметров системы.

В завершающей части работы выполнены упрощения уравнений движения на основе предположения, что на судне установлены эффективные успокоители кач-

ки, вследствие чего углы качки и их производные равны нулю. Дополнительные упрощения уравнений движения в неподвижной системе координат и их линеаризация выполнены, исходя из условия, что фазовые координаты судна мало отличаются от их значений в начальном состоянии. Упрощённые уравнения движения бурового судна в неподвижной системе координат в отклонениях от начального состояния приведены в работе в развёрнутом виде. Эти уравнения являются основой для синтеза замкнутой системы, отвечающей требованиям точности при минимальных упрощающих воздействиях. Система управления должна обеспечивать выполнение требований к предельно допустимым отклонениям по линейным координатам и (из соображений экономичности управления) отклонениям по углу рыскания за полное время работы системы.

Решение задачи заключается в определении оптимальных управляющих воздействий и соответствующих оптимальных движений, доставляющих минимум функционала от вектора, составляющими которого являются измеряемые координаты судна, векторы управляющих воздействий и матрица весовых коэффициентов с варьируемыми параметрами. Нахождение минимума функционала также выполнено методом неопределённых множителей Лагранжа с учётом необходимых условий в виде уравнения Эйлера.

Выполнены исследования динамики САУ бурового судна в неподвижной системе координат, и для системы уравнений динамики линеаризованного объекта получены выводы для двух проекций сил упора и момента с различными параметрами, выбором которых можно добиться любой точности системы. Авторы на основании выполненных исследований модели системы автоматического управления делают заключение о целесообразности применения предложенного закона управления. Расчёты проводились для бурового судна водоизмещением D = 7200 тонн с некоторыми несущественными упрощениями системы управления. Модель выполняла задачи по выбору оптимального угла курса, вычислению управляющих воздействий, преобразованию проекций управляющих сил и моментов в силы упора и углы поворота САУ.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

В монографии рассмотрены особенности динамики буровых судов, предназначенных для работы в морских условиях. Комплекс включённых в монографию теоретических исследований направлен на решение задач, связанных с обоснованием особенностей системы динамического позиционирования бурового судна, необходимой для его эксплуатации в условиях открытого моря.

Создание системы динамического позиционирования требует решения многих сложных задач, что обусловлено комплексом объективных причин:

- проблемой определения внешних сил, действующих на судно (волновое давление, давление ветра, морское течение, силы на движителях и подруливающих устройствах), которые в аналитическом виде определяются лишь приближенно;
- нерегулярностью морского волнения, характеристики которого описываются вероятностными методами;
- сложностью формального описания динамической системы буровое судно–буровая колонна;
- техническими проблемами определения координат судна с требуемой точностью и её математического обоснования;
- сложностью комплексного учёта всех действующих факторов и синтеза системы оптимального управления и т.д.

В рассматриваемой работе решаются многие из таких задач. Анализ приведённых в монографии исследований показывает, что они выполнены на достаточно высоком уровне. Обращает на себя внимание, что работа отличается разнообразием задач, их сложностью, оригинальностью подхода к решению, широким использованием различных методов аналитического аппарата математики, механики и гидромеханики. Полученные результаты подчёркивают высокое качество проведённых исследований.

Выполненные авторами исследования показывают, что для обеспечения работы бурового судна в условиях действия волнения, ветра и морского течения такое судно должно оборудоваться комплексом изме-

рительных и автоматически управляемых средств силового воздействия на судно, обеспечивающих его позиционирование над скважиной в пределах отклонений, допускаемых конструктивными особенностями бурового оборудования.

Авторами разработаны предложения по структуре системы, выполняющей задачи позиционирования. В качестве основных задач управления системой автоматического удержания бурового судна авторы выделяют:

• определение оптимальных углов курса судна;

• построение схемы возмущений в виде проекций сил и моментов в системе координат, связанной с судном;

• преобразование проекций сил и моментов в оптимальные значения реальных управлений, в виде сил упора и углов разворота активных средств управления.

Предлагаемая система по функциональному назначению делится на две основных составляющих:

1. Измерительный комплекс, включающий автоматическое измерение угла курса и векторов скорости ветра и течения, углов крена и дифферента судна и гидроакустический измеритель разностей времени прихода на четыре приёмника.

2. Комбинированная система для решения комплекса задач управления, включающая оптимизатор угла курса судна, вычислитель проекций сил ветра и течения на связанные с судном оси координат, блок управления по отклонению, оптимизатор преобразования проекций сил на оси координат в силы упора и углы разворота активных средств управления, а также автоматизированный комплекс задания сил упоров и углов разворота активных средств управления.

Условия функционирования системы автоматического удержания судна определяются балльностью ветра и волнения и допустимой скоростью течения. Разработанная структурная схема управления обеспечивает возможность её технической реализации.

Предложенные алгоритмы решения задач управления, представляют собой цифро-аналоговый комплекс, что обусловлено нелинейностью решаемых задач и наличием в алгоритмах логических условий. В этом комплексе цифровая часть обеспечивает выработку законов управления по отклонению, решение задач оптимизации, вычисление смещения судна на основе данных и измерительной системы. Аналоговая часть производит измерения физических величин, необходимых для управления и согласования объектов управления с цифровой частью.

По перечисленным причинам многие задачи, рассмотренные в монографии, решались при введении существенных упрощений. Оценку надёжности полученных решений можно дать лишь по результатам модельного или натурного эксперимента.

Поскольку исследования, приведённые в монографии, носят в значительной мере поисковый характер, авторами выполнен ряд расчётов, целью которых является выявление роли отдельных параметров системы судно–буровая колонна на динамические характеристики этой системы. В частности, показано относительно слабое влияние изменения инерционных характеристик системы при опускании буровой колонны, установлена прямая зависимость ошибок определения значений координат судна от амплитуд качки и др.

В качестве содержательных замечаний необходимо отметить следующее:

По моему мнению, допущена ошибка в постановке и решении задачи об изменении аппликаты центра тяжести судна при опускании (подъёме) колонны труб. Как известно, при наличии на судне подвешенного груза, каковым является колонна труб, сила веса прикладывается в точке подвеса, и её аппликата не зависит от действительного положения этого груза по высоте. Значение аппликаты центра тяжести системы судно–буровая колонна может измениться только вследствие перераспределения масс между судном и буровой колонной. Такое изменение элементарно находится из рассмотрения статического момента массы судна и массы бурового оборудования.

Библиографический список для монографии, наверное, все-таки недостаточен. По рассматриваемым вопросам имеется большой перечень опубликованных работ, которые могли бы расширить излагаемый взгляд на решаемые проблемы. ●

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-296-308

Drilling Vessels: Movement, Displacement and Holding



Amelin, Vasily S., *Moscow State Academy of Water Transport – branch of the State University of Sea and River Fleet named after Admiral S. O. Makarov, Moscow, Russia*.*

Vasily S. AMELIN

Kramar, V. A., Dushko, V. R., Dushko, V. V. Generalized mathematical model of spatial movement of a drilling vessel. Moscow, Vuzovskiy uchebnik, Infra-M, 2018, 118 p.

ABSTRACT

The monograph considers the features of the dynamics of drilling vessels designed to work in the sea. The complex of theoretical studies included in the monograph is aimed at solving problems related to substantiation of features of dynamic positioning system of a drilling vessel, necessary for its operation in the open sea conditions.

The conditions for operation of the automatic position-keeping system of a vessel are determined by the wind and wave roughness and the allowable flow speed.

The proposed algorithms for solving problems of control of a drilling vessel represent a digital-analog complex, that is due to non-linearity of tasks being solved and the presence of logical conditions in the algorithms.

The control model developed by the authors provides the possibility of its technical implementation.

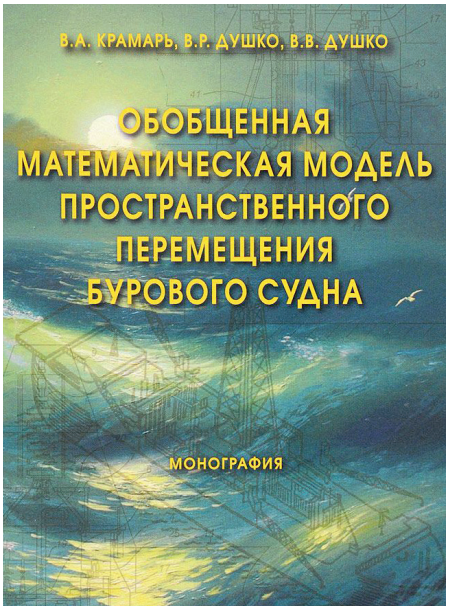
Keywords: *sea transport, oil production, mathematical model, drilling vessel, positioning, spatial movement, control system.*

---

*Information about the author:
Amelin, Vasily S. – Ph.D. (Eng), professor of Moscow State Academy of Water Transport – branch of the State University of Sea and River Fleet named after Admiral S. O. Makarov, Moscow, Russia, kaf-sudostroeniya@yandex.ru.

Review received 25.04.2019, accepted 17.06.2019.

For the original Russian text of the review please see p. 296.



Publishing houses «Vuzovskiy uchebnik» and «Infra-M» jointly published in the form of a monograph the book of V. A. Kramar, V. R. Dushko and V. V. Dushko entitled «Generalized mathematical model of spatial movement of a drilling vessel». As the authors note, the monograph discusses the method of constructing a generalized mathematical model of spatial movement of a drilling vessel, taking into account the mutual influence of various types of movement, as well as changes in the parameters of the vessel depending on the type of work performed.

The book is intended for students, master's students and Ph.D. students of mechanical engineering and instrument-making universities, as well as students of the departments of retraining and advanced training in the field of control systems, oceanography and shipbuilding. The content of the monograph will undoubtedly arouse interest among a wide range of specialists interested in the problems of development of the World Ocean and the continental shelf, following rapid development of mining technologies in marine environment.

Drilling vessels occupy one of the central places in the general spectrum of technical means for studying and developing the World Ocean and the continental shelf. They are designed to work in conditions of sea swell, wind and sea currents, conduct exploratory drilling at different depths in large areas of sea areas. These vessels are highly complex, using a variety of marine technologies, they perform work referring to installation of underwater equipment, tripping, drilling, working with outboard instrumentation, being equipped with a complex of technological equipment for well construction with vessel positioning systems over the wellhead.

Algorithms for generating control actions in the positioning system of a drilling vessel should ensure not only optimization of the vessel positioning process, but also predict the likelihood of emergencies and its minimization. Therefore, there are special requirements for the accuracy of measuring the coordinates of the vessel, the characteristics of waves, wind speed and current and other parameters. For measurements, systems operating with different physical principles can be used, there are hydroacoustic systems, satellite navigation systems, radio communication with coastal beacons, inclinometric and gyro-inertial systems.

The listed features of drilling vessels require the solution of various theoretical problems, carrying out of experimental studies, development of requirements for the created equipment, ensuring the effective operation of the vessel.

The studies cited in the monograph under review are aimed at solving these problems and continue the work begun in a number of publications by other authors. The monograph contains seven chapters, conclusion and bibliography. It covers a range of issues related to the theory, design, operation of drilling vessels, the solution of which is aimed at justifying and creating a system for automatic keeping the vessel above the point of drilling (dynamic positioning system). As the main problems that are essential for development of the system of automatic keeping of the vessel, the authors point out the following:

- development of mathematical models of drilling vessels, which take into account the specifics of design of vessels, drilling equipment and technology of drilling operations;
- obtaining calculated ratios to determine the strength of the retaining (stop) by active controls;
- development of principles for constructing a system for measuring displacement of a drilling vessel and ensuring the required accuracy of these measurements;
- development of the structure of the automatic position-keeping system of a drilling vessel.

Taking into account the fact that during the operation of a drilling vessel, not only external forces acting on vessels (wave pressure, wind, current, propulsive forces and active thrusters) but also the dynamic characteristics of the vessel-drilling equipment system change, the

authors divide the dynamics of a drilling vessel into separate periods:

• initial period: from the moment the vessel is kept above the point of drilling to the beginning of movement of masses of drilling equipment;

• preparatory period in which the drill string is lowered, which is characterized by a change in the hydrodynamic characteristics of the vessel and the moments of inertia of the system;

• drilling period during which the vertical forces acting on the drill string change;

• end period (the period of pipes lifting).

To describe the dynamic characteristics of the vessel–drilling equipment system, several coordinate systems are introduced in the work: a system that is stationary in space and three coordinate systems associated with the vessel, then the relationships between these systems are described through Euler angles.

The basic part of the work is a chapter called «General relations», which is devoted to development of equations of motion of a drilling vessel. To obtain them, known methods of theoretical mechanics and fluid mechanics are used. However, derivation of these equations has specific features. So, to describe movement of masses of drilling equipment vertically, in addition to the vector of external forces and the main moment of external forces, the authors introduce the concept of the vector of the momentum of particles thrown from the surface of the body per unit of time, and the vector of the moment of the momentum of the particles thrown per unit of time, differentiating the mass of pipes being moved in time. This accounting of changes in masses of pipes being moved extends both to the moments of inertia of the masses and to the attached masses of the fluid, the magnitude of which depends on the length of the drill string.

The equations of the dynamics of the drilling vessel (by definition of the authors – the generalized equations of the dynamics of the drilling vessel), are obtained for the case of movement of the vessel on regular waves. For these purposes, the technique adopted in hydromechanics for deriving such equations was used; in this case, the boundary conditions for equality of the derived potentials from the velocities of the system of waves on the surface and the potential of a perturbed fluid motion (diffracted waves) are introduced into the velocity vector of the origin of coordinates. The equations of motion take into account the wave damping caused by the waves of the vessel during rolling.

The system of equations is supplemented by equations for the components of forced oscillations in the case of vertical and horizontal-transverse movement of the vessel on regular waves.

The generalized equations of motion of a drilling vessel on regular waves allow us to describe the dynamics of the vessel's movement in any of the periods identified by the authors as private models. These issues are considered separately, in particular, a detailed form of the equation of the vessel's motion during the preliminary period (corresponding to the lowering period of the pipe string) is given, while the masses, the moments of inertia and the attached masses of the fluid are assumed to be constant. The simplified formulation also takes into account the current rate, but its effect on the dynamics is not considered. In conclusion, a system of very cumbersome differential equations resolved with respect to derivatives by speeds of motion is given. In these equations, coefficients are expressed in terms of vessel parameters.

As external forces acting on a drilling ship, the authors consider:

• restoring forces: metacentric stability formulas are used;

• damping forces of viscous nature (forces of resistance to movement of the vessel);

• wave pressure forces;

• forces acting on propulsion and thrusters;

• wind pressure forces.

The listed forces are recommended to be determined by expressions borrowed from other sources. The forces and moments of these forces are represented as projections on the axes of the adopted coordinate systems.

Particular attention is paid to the influence of drilling equipment on the parameters of the equation of motion of the vessel. At the same time, a change in the position of the center of mass of the vessel–drill string system is considered. A differential equation has been compiled that allows to determine the position of the center of mass of the vessel at any stage of lowering (lifting) of the drill string.

The problem of changing the attached masses of fluid of a drill string depending on its length is considered. The problem is solved with the assumption that the column of pipes can be schematized with a triaxial ellipsoid. The calculated expressions for all the attached masses of the column are obtained. For the drilling vessel – a column of pipes system, the attached masses are determined by summing the attached masses of the vessel and the column.

The changes of the moments of inertia of masses of vessel–drill string system are considered. Exact solutions for the moments of inertia of a pipe string and approximate expressions for the moments of inertia of the masses of vessel–drill string system are given. According to the results of research on the change in the moments of the attached masses, numerical calculations were performed and the impact of drilling equipment on the parameters of the vessel dynamics equation was estimated. The conclusion is made about the relatively small effect of changes in the attached masses and, as a result, about the possibility of neglecting this change, as well as about the need to study the effect on movement of the drilling vessel of the changes in the center of mass of the vessel–drill string system. In addition to the chapters related to compilation and analysis of the equations of motion, a general brief description of the active controls for keeping the drilling vessel at a given point is given, as well as expressions for determining some characteristics of their work (stop, torque, power consumption) borrowed from other sources.

Based on minimization of the required power, the question of choosing the optimal position of the drilling vessel with respect to the direction of wind and current is also studied. The criteria considered above are used as criteria for optimality.

A separate chapter is devoted to displacement of the drilling vessel. The systems currently used to determine the position of the vessel in the open sea are analyzed: radio navigation (satellite and with landmarks); inertial navigation systems; astronavigation systems; and also the special methods inspired by features of work of the drilling vessel which are dynamometric, inclinometric, hydroacoustic methods.

It is concluded that it is expedient to use sonar systems to determine the position of the floating base.

The task of determining displacement of the drilling vessel relative to the beacon according to the measurement data of the differential-distance-measuring system is considered.

The systems of equations describing the relationship of coordinates of the beacon and receivers are compiled and analyzed. It is noted that the direct method for solving these equations does not solve the problem of determining the coordinates of the vessel due to irrationality of the system. The conditions that must be met by the coordinates of the receivers to obtain a solution to the problem and ensure necessary accuracy are given. An algorithm has been developed for calculating the coordinates of a beacon (or receiver offset relative to a beacon). The problem of determining the horizontal displacements of a drilling vessel during rolling is considered, the necessary relations are obtained. This solves the problem of the influence of the angles of swing on the measurement errors. The calculations of the errors of measurements of the coordinates of the vessel depending on the pitching angles are given.

The last chapter of the monograph is aimed at developing a system for automatic position-keeping of a drilling vessel. When setting the task, the authors proceed from the fact that keeping of a drilling vessel is possible when installing two or more automated control systems, each of which can execute two control actions determining stop force and turning angle (other automatic control systems are not considered). As a result, when a vessel is subjected to currents, winds and waves, with the general requirement of ensuring high accuracy, it is necessary to ensure automatic control of the automated control system, that is, development of an automatic control system is required.

The task of the automatic control system of the ACS is formulated by the authors as follows:

1. The control system of ACS must ensure stabilization of horizontal displacements of the vessel with the required accuracy.

2. The system should provide control over the course angle so that its current value coincides with the optimal value that minimizes the power spent for the control.

The authors proposed a block diagram of an automatic control system, which is based on the following principles. The system, due to the presence of unmeasurable disturbances (wave pressure), inaccuracies in the calculation of pressure forces and wind should be built on the combined principle in digital-analog form. The position of the vessel as an object of control is determined by displacements relative to the sonar beacon installed on the seabed. The swell and pitching characteristics of the vessel are considered to be interference. Each of the external disturbing influences (wind, current) is characterized by speed and direction. Stop forces of ACS and their angles are control actions. The sonar system measures the difference at the arrival of signals at the receivers, according to the results of those measurements, the coordinates of the vessel are determined through the computer complex. The deviation control unit generates

intermediate control actions. The block for optimizing the stop forces optimizes the intermediate control actions in digital form by the stop force and the control angles used by the automatic drive to track the stop forces and the turning angles. Measured values are wind and current angles and their speeds, vessel horizontal displacements and course heading. Implementation of the proposed control system is possible only by simplifying the model of the drilling vessel.

This simplification of motion control is performed by the authors considering the action of a number of favorable factors: a small deviation of the vessel from the origin of coordinates, limited parameters of pitching (if necessary, by installing dampers, etc.). Based on the results of simplified equations of motion and their linearization, the analysis of optimal controls for random stationary perturbations is performed. As a criterion for optimality of control, a functional is adopted that depends on coordinates and control. To minimize the functional while limiting the coordinates of the vessel with a permissible range of deviations, the method of indeterminate Lagrange multipliers and minimum conditions of the criterion in the form of the Euler-Poisson equations are used. For the perturbations given by the correlation functions, the control laws are obtained, the system parameters are optimized. Using the method of indefinite Lagrange multipliers, the problem of synthesizing system parameters has been solved.

At the end of the work, the equations of motion were simplified on the basis of the assumption that effective pitching pacifiers were installed on the vessel, as a result of which the pitch angles and their derivatives are zero. Additional simplifications of the equations of motion in a fixed coordinate system and their linearization are made on the basis of the condition that the phase coordinates of the vessel differ little from their values in the initial state. Simplified equations of motion of a drilling ship in a fixed coordinate system in deviations from the initial state are given in the work in expanded form. These equations are the basis for the synthesis of a closed system that meets the requirements of accuracy with minimal simplifying effects. The control system must meet the requirements for the maximum permissible deviations for linear coordinates and (for reasons of economy of control) deviations for the yaw angle for the total time of the system.

The solution of the problem is to determine the optimal control actions and the corresponding optimal movements that deliver the minimum of the functional from the vector, the components of which are the measured coordinates of the vessel, the control vectors and the matrix of weights with varying parameters. Finding the minimum of the functional is also performed by the method of indefinite Lagrange multipliers, taking into account the necessary conditions in the form of the Euler equation.

Studies of ACS dynamics of a drilling vessel in a fixed coordinate system were performed, and conclusions were obtained for the system of equations of the dynamics of a linearized object for two projections of the stop and moment forces with different parameters, the choice of which can be used to achieve any accuracy of the system. The authors, on the basis of the studies carried out on the model of the automatic control system, conclude that the proposed control law is appropriate. The calculations were carried out for a drilling vessel with a displacement of D = 7200 tons with some minor simplifications of the control system. The model performed the tasks of choosing the optimal course angle, calculating the control actions, converting the projections of the control forces and moments into the stop forces and the angles of rotation of ACS.

Main conclusions

The monograph discusses the features of the dynamics of drilling vessels designed to work in sea conditions. The complex of theoretical studies included in the monograph is aimed at solving problems related to substantiation of features of the dynamic positioning system of a drilling vessel, necessary for its operation in the conditions of the open sea.

Creating a dynamic positioning system requires solving many complex problems, which is due to a complex of objective reasons:

- the problem of determining the external forces acting on the vessel (wave pressure, wind pressure, sea current, forces on propulsion and thrusters), which are determined in analytical form only approximately;
- irregularity of sea waves, whose characteristics are described by probabilistic methods;
- complexity of the formal description of the dynamic system drilling vessel–drill string;
- technical problems of determining the coordinates of the vessel with required accuracy and its mathematical justification;

• complexity of the integrated accounting of all existing factors and the synthesis of the optimal control system, etc.

In this paper, many of these problems are solved. An analysis of the studies presented in the monograph shows that they are performed at a sufficiently high level. It is noteworthy that the work is characterized by a variety of tasks, their complexity, originality of the approach to the solution, wide use of various methods of the analytical apparatus of mathematics, mechanics and hydromechanics. The results obtained highlight the high quality of the research.

The studies performed by the authors show that to ensure the operation of a drilling vessel under conditions of wave action, wind and sea flow, such a vessel must be equipped with a set of measuring and automatically controlled devices acting on the vessel, ensuring its positioning over the well within the deviations allowed by the design features of the drilling equipment.

The authors have developed proposals for the structure of the system that performs positioning tasks. As the main tasks of controlling of the system of automatic position-keeping of a drilling vessel, the authors single out:

• determination of the optimal angles of the vessel;

• construction of a disturbance scheme in the form of projections of forces and moments in the coordinate system associated with the vessel;

• transformation of projections of forces and moments into optimal values of real controls, in the form of stop forces and angles of rotation of active controls.

The proposed system for functional purpose is divided into two main components:

1. Measuring complex that includes automatic measurement of heading angle and wind and current speed vectors, vessel's heel and trim angles and hydroacoustic meter of arrival time differences for four receivers.

2. Combined system for solving a complex of control tasks, including an optimizer of the vessel's heading angle, a calculator of projections of wind and current forces on the coordinate axes associated with the vessel, a control unit for deviation, an optimizer for transforming the projections of forces on the coordinate axes into stop forces and turning angles of active controls, as well as an automated set of tasks for stop forces and turning angles of active controls.

The conditions for operation of the automatic holding system of a vessel are determined by the wind and wave roughness and the allowable flow speed. The developed control block diagram provides the possibility of its technical implementation.

The proposed algorithms for solving control problems form a digital-analog complex, that is due to the non-linearity of the tasks being solved and the presence of logical conditions in the algorithms. In this complex, the digital part provides development of control laws for deviation, solution of optimization problems, calculation of vessel displacement based on data and the measuring system. The analog part measures the physical quantities necessary for control and coordination of the control objects with the digital part.

For the reasons listed above, many of the problems considered in the monograph were solved with introduction of substantial simplifications. The assessment of reliability of the obtained solutions can be given only by the results of a simulation modeling or full-scale experiment.

Since the studies cited in the monograph are largely exploratory in nature, the authors carried out a number of calculations, the purpose of which is to reveal the role of individual parameters of the vessel–drill string system on the dynamic characteristics of this system. In particular, it shows a relatively weak effect of changes in the inertial characteristics of the system when lowering the drill string, a direct dependence of the errors in determining the coordinates of the vessel on the amplitudes of pitching, etc.

As an informative remark, the following should be noted:

In my opinion, an error was made in formulation and solution of the problem of changing the applicability of the center of gravity of a vessel when lowering (lifting) the column of pipes. As it is known, if there is a suspended load on the vessel, such as a column of pipes, the weight force is applied at the point of suspension and its applicability does not depend on the actual position of this load in height. The value of the center-of-gravity applicability of the vessel–drill string system can change only due to redistribution of masses between the vessel and the drill string. Such a change is simply found from consideration of the static moment of the mass of the vessel and the mass of the drilling equipment.

The bibliographic list for the monograph seems to be insufficient. There is a large list of works published on the issues under consideration that could broaden the stated view of the problems to be solved. ●

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses submitted at Russian transport universities.
For the English text please see p. 313.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-309-315

Бабенко Г. Н. Метод оценки влияния груза на внешней подвеске вертолёта на его управляемость в процессе лётной эксплуатации / Автореф. дис… канд. техн. наук. – М.: МГТУ ГА, 2019. –18 с.

Разработан метод оценки влияния груза на внешней подвеске (ВП) вертолёта на его управляемость в процессе лётной эксплуатации, обеспечивающий в отличие от известных подходов, расширение доступных для исследований режимов полёта и сокращение сроков и стоимости проведения исследований.

Впервые, на примере вертолёта Ми-8, получены аналитические зависимости относительной эффективности управления от параметров груза и режима полёта, обеспечивающие возможность оперативной оценки лётным экипажем изменения пилотажных свойств вертолёта, что необходимо для обеспечения требуемого уровня безопасности полёта при выполнении авиационных работ и воздушных перевозок с грузом на ВП.

Получены количественные данные, характеризующие влияние параметров груза и ВП в целом на управляемость вертолёта Ми-8, на основе которых сформулированы предложения к дополнению РЛЭ в части выполнения авиационных работ и воздушных перевозок с грузом на внешней подвеске.

Специальность 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта. Работа выполнена в Московском государственном техническом университете гражданской авиации.

Калюжный Н. А. Методика оптимизации размещения транспортно-пересадочных узлов в системе городского пассажирского транспорта / Автореф. дис… канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2019. –16 с.

Разработана, теоретически и экспериментально обоснована модель размещения транспортно-пересадочных узлов в системе городского общественного пассажирского транспорта агломераций на основе анализа изменения величин пассажиропотоков в зависимости от времени ожидания пассажиров на входе станций метрополитена и пригородной железной дороги.

Впервые установлено влияние изменения времени ожидания пассажиров на входе станций метрополитена и пригородной железной дороги на функционирование системы городского пассажирского транспорта в части распределения пассажиропотоков.

Получены аналитические зависимости скорости пассажиропотока на общественном транспорте от величины этого пассажиропотока с учётом провозной способности подвижного состава.

Введено понятие «устойчивость транспортного узла» как основного численного критерия оценки потенциально значимых транспортно-пересадочных узлов.

Введено понятие коэффициента влияния величины задержки на размер пассажиропотока узла $K_{пасс}$.

Специальность 05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, её регионов и городов, организация производства на транспорте. Работа выполнена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Петрушин А. В. Технология трассирования железной дороги в районах с высокой сейсмичностью / Автореф. дис… канд. техн. наук. – М.: РУТ, 2019. –24 с.

Разработана классификация косогорных участков по виду грунтов, геометрическим параметрам конструкции земляного полотна и категориям по сейсмическим свойствам.

Установлена зависимость между геометрическими параметрами проектирования земляного полотна и крутизной косогора для грунтов, относящихся к разным группам по сейсмическим свойствам.

Получены аналитические зависимости наиболее рациональных решений по корректировке оси трассы в продольном профиле и плане на косогорных участках для обеспечения однородности основной площадки земляного полотна в районах с высокой сейсмичностью.

Разработана технология проектирования линий на косогорных участках в условиях высокой сейсмичности и предложена методика определения эффективности антисейсмических мероприятий с учётом вероятности землетрясений.

Специальность 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог. Работа выполнена в Российском университете транспорта.

Силюта А. Г. Повышение эффективности работы силовой установки тепловоза путём расширения области режимов работы дизеля при применении электронной системы управления / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: АО «ВНИИЖТ», 2019. –19 с.

Разработана уточнённая математическая модель рабочих процессов совместной работы поршневой части дизеля с агрегатами наддува. Отличие модели от существующих состоит в том, что при дополнении расчётной схемы устройствами перепуска рабочего тела и детализации процессов наполнения, продувки и выпуска при определении расхода рабочего тела в качестве условия окончания цикла расчёта автором предложено использовать равенство заданного и фактического суммарного массового расхода рабочего тела дизеля вместо равенства единице произведений перепадов давлений в характерных сечениях газовоздушного тракта.

Проведённый комплекс расчётно-экспериментальных исследований показал, что при регулировании тепловозной характеристики и реализации электронного управления высокофорсированным дизелем обеспечиваются требуемые показатели работы силовой установки, регламентируемые техническими условиями на поставку во всём диапазоне изменения атмосферных условий без применения систем перепуска рабочего тела.

Специальность 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация. Работа выполнена в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта».

Скутин Д. А. Устойчивость верхнего строения пути в кривых с использованием вертикально расположенной геосетки / Автореф. дис... канд. техн. наук. – Екатеринбург: УрГУПС, 2019. –20 с.

Предложена новая конструкция пути в кривых с применением вертикально расположенной геосетки.

Определены требуемые места установки вертикально расположенной геосетки в балласте для участков нового строительства, реконструкции, капитальных и средних ремонтов пути, а также на участках текущего содержания пути.

Впервые доказана эффективность применения вертикально расположенной геосетки в конструкции верхнего строения пути для повышения поперечной устойчивости рельсошпальной решётки в балластной призме.

Предлагаемая удерживающая конструкция ВРС позволяет увеличить поперечную устойчивость железнодорожного пути в криволинейных участках на 17–26 %, повышая тем самым безопасность движения, а также снижая затраты на текущее содержание пути в кривых.

При использовании вертикально расположенной геосетки сокращается эпюра шпал в кривых радиусом менее 1200 метров до эпюры шпал на прямых, что приводит к снижению стоимости строительства одного километра кривой на 3,9 %.

Применение удерживающей конструкции в виде вертикально расположенной геосетки позволяет уменьшить размеры балластной призмы (ширину плеча балластной призмы, толщину балласта под шпалой) в кривых с радиусом менее 1200 м и, как следствие,

снизить объёмы балласта, используемые для удержания рельсошпальной решётки в стабильном состоянии до 20 %.

Специальность 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог. Работа выполнена в Уральском государственном университете путей сообщения.

Смердин А. Н. Совершенствование системы токосъёма магистральных электрических железных дорог в условиях высокоскоростного и тяжеловесного движения / Автореф. дис... док. техн. наук. – Омск: ОмГУПС, 2019. –43 с.

Создана трёхмерная многоэлементная модель токоприёмника с упруговязкими связями, отличающаяся тем, что распределение аэродинамических и диссипативных сил, а также инерционных характеристик, реализовано поэлементно.

Разработан метод определения мгновенных и средних значений контактного нажатия, на основе предварительно полученных данных о скорости движения, пространственном расположении проводов и жёсткости контактной сети по длине участка, отличающийся тем, что в качестве универсального аппроксиматора контактного нажатия применяется искусственная нейронная нелинейная авторегрессионная сеть.

Создана вероятностная модель работоспособности системы токосъёма отличающаяся тем, что её структура, определённая с помощью оценочной функции Байеса–Дирихле, формируется с учётом изменяющегося входного массива данных, включающих в себя данные о случившихся отказах и сопровождающих их погодных факторов.

Усовершенствован метод экспериментальных исследований взаимодействия токоприёмников с контактными подвесками на действующих линиях, отличающийся тем, что при определении значений контактного нажатия учитываются угловые ускорения измерительных полозов, установленных на каретках с увеличенным ходом.

Предложен усовершенствованный метод нагрузочных испытаний токоприёмников с учётом охлаждения набегающим потоком воздуха, отличающийся тем, что при определении показателей нагрева учтено перемещение точек контакта по поверхности полозов.

Предложены усовершенствованные технологии обнаружения нарушений контакта при определении приведённой массы и проверке на устойчивость токоприёмников к отрывам в лабораторных условиях, отличающиеся тем, что для получения характеристик движения системы подвижных рам, полозов и измерительной балки используются сигналы акселерометров.

Разработан и экспериментально проверен способ обработки результатов аэродинамических испытаний токоприёмников на действующих линиях, полученных при различных внешних условиях, отличающийся тем, что аэродинамические силы, записанные синхронно с данными о фактической плотности среды, корректируются с помощью предложенного коэффициента.

Предложен способ экспериментального определения скорости распространения поперечных механических колебаний в контактной подвеске с использованием средств видеонаблюдения, отличающийся тем, что для возбуждения колебаний используется ЭПС, находящийся в коммерческой эксплуатации, благодаря чему не требуется перерывов в графике движения поездов.

Специальность 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация. Работа выполнена в Омском государственном университете путей сообщения (ОмГУПС).

Трифонов А. В. Влияние трибологического состояния рельсов на взаимодействие колёс подвижного состава и пути / Автореф. дис... канд. техн. наук. – М.: РУТ, 2019. –24 с.

С использованием разработанных математических моделей простран-

ственных колебаний секции движения грузового тепловоза и грузового вагона исследовано влияние возможных вариантов трибологического состояния контактных поверхностей между колёсами подвижного состава и рельсами на взаимодействие колёс подвижного состава и рельсов. На основании анализа полученных результатов предложен вариант трибологического состояния контактных поверхностей между колёсами подвижного состава и рельсами в кривых, обеспечивающий наиболее эффективное взаимодействие колёс подвижного состава и рельсов по критериям снижения бокового воздействия колёс подвижного состава на рельсы и факторов износа.

Предложены рациональные коэффициенты трения на контактных поверхностях между колёсами подвижного состава и рельсами в кривых по условиям реализации тяги и торможения подвижного состава.

Обосновано возникновение эффекта снижения момента, препятствующего повороту первой колёсной пары и тележки в кривой от применения комбинированной лубрикации рельсов.

Предложены, на уровне изобретений, технические решения всепогодного рельсосмазывающего устройства, в том числе для применения комбинированной лубрикации, для нанесения различных типов смазочных материалов с возможностью установки на различные типы подвижного состава.

Специальность 05.22.07 – Подвижной состав железных дорог, тяга поездов и электрификация. Работа выполнена в Российском университете транспорта.

Умаров Х. К. Принятие решений при обосновании усиления мощности железных дорог Узбекистана в условиях неопределённости исходной информации / Автореф. дис… канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2019. –17 с.

Предложена математическая модель по прогнозированию грузопотока железнодорожного направления, основанная на использовании зависимостей его величины от исследуемых экономических факторов (ВВП Китая и ВВП стран Центральной и Южной Азии).

Выявлены основные факторы неопределённости и рисков, которые оказывают влияние на принятие решений при обосновании усиления мощности железных дорог Узбекистана с целью переключения транзитных грузопотоков между Китаем, Центральной и Южной Азией. Установлена степень устойчивости принимаемых решений при изменении темпов роста ВВП.

В работе предложены схемы этапного усиления мощности железнодорожной линии Ангрен–Пап с целью переключения транзитных грузопотоков между Китаем, Центральной и Южной Азией.

Специальность 05.22.06 – Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог. Работа выполнена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Шепель А. С. Совершенствование методов обоснования схем станционных горловин / Автореф. дис… канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2019. –16 с.

Исследованы статистические закономерности продолжительности поездных и маневровых передвижений по элементам горловины станции. Предложена модель стрелочных горловин как устройств с детерминированным количеством каналов на основании вводимых параметров: «количество конструктивных каналов», «количество эксплуатационных каналов», «поточность передвижений». Разработана модернизированная методика обоснования схем станционных горловин, учитывающая процессы движения, их взаимное влияние, внутрисуточную неравномерность передвижений и содержащая оценку эффективности реконструкции горловин на основе предлагаемого коэффициента «часть доходов, приходящаяся на повышение пропускной способности горловины в составе железнодорожного участка».

Специальность 05.22.08 – Управление процессами перевозок. Работа выполнена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

ABSTRACTS of D.Sc. and Ph.D. THESES

Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses submitted at Russian transport universities.
For the Russian text please see p. 309.

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-309-315

Babenko, G. N. Method of assessing the effect of cargo on a helicopter's external suspension on its controllability during flight operation [*Metod otsenki vliyaniya gruza na vneshnei podveske vertoleta na ego upravlyaemost' v protsesse letnoi ekspluatasii*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. Moscow, MSTU CA, 2019, 18 p.

A method has been developed for evaluating the impact of a cargo on an external suspension (ES) of a helicopter on its controllability during flight operations, which, unlike the known approaches, provides an extension of the flight modes available for research and reduction in time and cost of research.

For the first time, using the example of Mi-8 helicopter, analytical dependences of relative control efficiency on cargo parameters and flight mode were obtained, providing the flight crew with an opportunity to quickly evaluate changes in the helicopter's flight characteristics, which is necessary to ensure the required level of flight safety during aircraft operations and air transportation with cargo on ES.

Quantitative data were obtained characterizing the impact of cargo parameters and ES as a whole on controllability of Mi-8 helicopter, on the basis of which proposals were made to supplement flight manual in terms of performing aviation operations and air transportation with cargo on an external suspension.

Specialty 05.22.14 – Operation of air transport. The work was performed at Moscow State Technical University of Civil Aviation.

Kalyuzhny, N. A. Methodology to optimize placement of transport interchange hubs in the system of urban passenger transport [*Metodika optimizatsii razmeshcheniya transportno-peresadochnykh uzlov v sisteme gorodskogo passazhirskogo transporta*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. St. Petersburg, PSTU publ., 2019, 16 p.

A model of transport interchange hubs in the system of urban public passenger transport of agglomerations was developed, theoretically and experimentally based on the analysis of changes in passenger traffic values depending on waiting time of passengers at the entrance of metro stations and suburban railway.

For the first time, the effect of changing the waiting time of passengers at the entrance of metro stations and suburban railways on functioning of the urban passenger transport system in terms of passenger flow distribution was established.

Analytical dependences of the passenger flow speed within public transport on the value of this passenger flow are obtained, taking into account the carrying capacity of rolling stock.

The concept of «transport hub stability» has been introduced as the main numerical criterion for assessing potentially significant transport and transfer hubs.

The concept of the coefficient of influence of the magnitude of delay on the size of the passenger flow K_{pass} has been introduced.

Specialty 05.22.01 – Transport and transport-technological systems of the country, its regions and cities, organization of production in transport. The work was performed at Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Transport.

Petrushin, A. V. The technology of routing the railway in areas with high seismicity [*Tekhnologiya trassirovaniya zheleznoi dorogi v raionakh s vysokoi seismichnost'yu*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. Moscow, RUT publ., 2019, 24 p.

A classification of slope areas according to soil type, geometric parameters of construction of the roadbed and categories by seismic properties has been developed.

The dependence of the geometrical parameters of design of the roadbed on steepness of the slope for soils belonging to different groups by seismic properties has been established.

Analytical dependences of the most rational decisions were obtained on adjusting the axis of the road in the longitudinal profile and plan in slopes to ensure uniformity of the main roadbed in areas with high seismicity.

A technology has been developed for designing lines on slope sections under conditions of high seismicity and a method has been proposed for determining the effectiveness of anti-seismic measures taking into account the probability of earthquakes.

Specialty 05.22.06 – Railway track, survey and design of railways. The work was performed at Russian University of Transport.

Shepel, A. S. Improvement of methods for substantiation of schemes of station necks [*Sovershenstvovanie metodov obosnovaniya skhem stantsionnykh gorlovin*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. St. Petersburg, PSTU publ., 2019, 16 p.

The statistical regularities of duration of train and shunting movements through the elements of the station neck are studied. A model of necks is

proposed as of devices with a deterministic number of channels based on the input parameters: «number of design channels», «number of operational channels», «movement accuracy». A modernized method of substantiation of the station neckline schemes has been developed, taking into account the processes of movement, their mutual influence, intra-day irregularity of movements and containing assessment of the effectiveness of the neck reconstruction based on the proposed ratio «part of income attributable to increasing the throughput capacity of the rail section».

Specialty 05.22.08 – Transportation process management. The work was performed at Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Transport.

Silyuta, A. G. Improving the efficiency of a diesel engine power plant by expanding the range of diesel operation modes when using an electronic control system [*Povyshenie effektivnosti raboty silovoi ustanovki teplovoza putem rasshireniya oblsti rezhimov raboty dizelya pri primenenii elektronnoi sistemy upravleniya*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. Moscow, JSC VNIIZhT, 2019, 19 p.

A refined mathematical model of the working processes of joint work of the piston part of a diesel engine with supercharging units has been developed. The model differs from the existing ones by the fact that when the calculation scheme is supplemented with devices for bypassing the working fluid and detailing the filling, purging and release processes, the author suggests using equality of the specified and actual total mass flow rate of the diesel working fluid instead of equality to the unit of the differential pressure in the characteristic sections of the gas-air duct.

A set of design and experimental studies showed that when regulating the diesel locomotive characteristics and implementing electronic control of a high-performance diesel engine, the required performance of the power plant, regulated by the delivery specifications, is ensured throughout the entire range of atmospheric conditions without the use of working medium bypass systems.

Specialty 05.22.07 – Rolling stock of railways, train traction and electrification. The work was performed in Joint Stock Company Research Institute of Railway Transport.

Skutin, D. A. Stability of the superstructure in curves using a vertically located geogrid [*Ustoichivost' verkhnego stroeniya puti v krivykh s ispolzovaniem vertikal'no raspolozhennoi geosetki*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. Yekaterinburg, USURT publ., 2019, 20 p.

A new design of the track in curves with the use of a vertically located geogrid has been proposed.

The required installation sites for a vertically located geogrid in the ballast for new construction, reconstruction, overhaul and medium repairs of the track, as well as on the current track maintenance sites have been determined.

For the first time, the effectiveness of use of a vertically arranged geogrid in design of the track superstructure to increase the lateral stability of the rail-sleeper grid in the ballast prism has been proved.

The proposed retaining design of track superstructure allows to increase the lateral stability of the railway track in curved sections by 17–26 %, thereby increasing traffic safety, as well as reducing the cost of the current maintenance of the track in the curves.

When using a vertically located geogrid, the sleeper diagram in curves with a radius of less than 1200 meters to the sleeper diagram on straight lines is reduced, which leads to a reduction in the cost of building per 1 kilometer of the curve by 3,9 %.

The use of a holding structure in the form of a vertically arranged geogrid reduces the size of the ballast section (shoulder width of the ballast section, thickness of the ballast under the sleeper) in curves with a radius of less than 1200 m and, as a result, reduces the amount of ballast used to keep the rail-sleeper grid in a stable state to 20 %

Specialty 05.22.06 – Railway track, survey and design of railways. The work was performed at Ural State University of Railway Transport.

Smerdin, A. N. Improvement of the system of current collection of main electric railways in the conditions of high-speed and heavy haul traffic [*Sovershenstvovanie sistemy tokos'ema magistralnykh elektricheskikh zheleznykh dorog v usloviyakh vysokoskorostnogo i tyazhelovesnogo dvizheniya*]. Abstract of D.Sc. (Eng) thesis. Omsk, OSTU publ., 2019, 43 p.

A multi-element model of a current collector with elastic-viscous bonds was created, characterized by the fact that distribution of aerodynamic and dissipative forces, as well as inertial characteristics, are implemented element-wise.

A method for determining instantaneous and average values of contact pressure has been developed, based on previously obtained data on speed of movement, spatial arrangement of wires and stiffness of the contact network along the length of the section, while an artificial neural non-linear autoregressive network is used as a universal approximator of contact depression.

A probabilistic model of current collection system is created, its structure, determined using the Bayes–Dirichlet evaluation function, is formed taking into account the changing input data set, including data on the failures that occurred and the weather factors accompanying them.

The method of experimental studies of interaction of current collectors with contact hangers on operating lines has been improved. When determining the values of contact pressing, the angular accelerations of measuring runners installed on carriages with an increased stroke are taken into account.

An improved method of load tests of current collectors with regard to cooling by the oncoming air flow is proposed. When determining the heating indices, movement of contact points along the surface of the skids is taken into account.

Improved technologies have been proposed for detecting contact disturbances in determining the reduced mass and checking for stability of current collectors to separation in laboratory conditions. The signals from accelerometers are used to obtain the motion characteristics of the system of moving frames, runners and measuring beam.

A method of processing the results of aerodynamic tests of current collectors on operating lines obtained under various external conditions has been developed and experimentally verified. The aerodynamic forces recorded synchronously with the data on the actual density of the medium are corrected using the proposed coefficient.

A method of experimentally determining the speed of propagation of transverse mechanical vibrations in a contact wire using video surveillance tools is suggested, which does not require interruptions in the train schedule.

Specialty 05.22.07 – Rolling stock of railways, train traction and electrification. The work was performed at Omsk State Transport University.

Trifonov, A. V. The influence of the tribological conditions of rails on interaction of wheels of rolling stock and the track [*Vliyanie tribologicheskogo sostoyaniya rel'sov na vzaimodeistvie koles podvizhnogo sostava i puti*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. Moscow, RUT publ., 2019, 24 p.

Using the developed mathematical models of spatial oscillations of the section of movement of a freight locomotive and a freight car, the influence of possible variants of the tribological state of the contact surfaces between wheels of the rolling stock and rails on the interaction of wheels of rolling stock and rails has been studied. Based on the analysis of the results obtained, a variant of the tribological state of the contact surfaces between wheels of rolling stock and rails in the curves is proposed, which provides the most effective interaction of wheels of rolling stock and rails according to the criteria aimed at reducing the lateral impact of wheels of rolling stock on rails and wear factors.

The rational coefficients of friction on the contact surfaces between wheels of rolling stock and rails in the curves under the terms of implementation of traction and braking of rolling stock are proposed.

The appearance of the effect of reducing the moment that prevents the rotation of the first set of wheels and bogie in the curve from the use of combined lubrication of rails is substantiated.

Technical solutions regarded as inventions are proposed referring to an all-weather rail-lubricating device, including for the use of combined lubrication, to various types of lubricants with the possibility of installation on various types of rolling stock.

Specialty 05.22.07 – Rolling stock of railways, train traction and electrification. Work performed at Russian University of Transport.

Umarov, Kh. K. Decision making in substantiating the strengthening of the capacity of the railways of Uzbekistan under conditions of uncertainty of baseline information [*Prinyatie reshenii pri obosnovanii usileniya moshcnosti zheleznykh dorog Uzbekistana v usloviyakh neopredelennosti iskhodnoi informatsii*]. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. St. Petersburg, PSTU publ., 2019, 17 p.

A mathematical model has been proposed for forecasting the freight traffic of a railway, based on the use of its value dependencies on the studied economic factors (China's GDP and GDP of Central and South Asia).

The main factors of uncertainty and risks that influence decision-making in justifying strengthening of the capacity of the railways of Uzbekistan in order to attract transit cargo flows between China, Central and South Asia are identified. The degree of sustainability of the decisions made when the GDP growth rate changes, was found.

The paper proposes a stage-by-stage enhancement of the capacity of Angren–Pap railway line with the aim of attracting transit cargo flows that are transported between China, Central and South Asia.

Specialty 05.22.06 – Railway track, survey and design of railways. The work was performed at Emperor Alexander I St. Petersburg State University of Transport.

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

For the list of Russian editions in English as well as for publications originally published in English please see p. 318.

Издания на английском языке с. 320

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-316-320

Барков А. В., Баркова Н. А., Федорищев В. В. Вибрационная диагностика колёсно-редукторных блоков на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие. – СПб.: Своё изд-во, 2019. – 98 с. – ISBN 978-5-4386-1724-2.

Бердышева Ю. А., Жаркова Е. А., Родионова Т. П. Цифровая экономика системы транспортного железнодорожного обслуживания населения: Монография. – Новосибирск: НТГУ, 2019. – 158 с. – ISBN 978-5-7782-3883-1.

Булов А. А., Алексеева Е. К., Кислова Т. А. и др. Транспортно-технологические схемы перевозки углеводородного сырья по Северному морскому пути: Монография / Под общ. ред. А. А Булова. – СПб.: Изд-во ГУМРФ им. адмирала С. О. Макарова, 2019. – 113 с. – ISBN 978-5-9509-0340-3.

Бышов Н. В., Борычев С. Н., Мартынушкин А. Б. и др. Экономическая эффективность, оценка качества и совершенствование управления пассажирскими перевозками в регионе. Экономические основы функционирования предприятий автомобильного транспорта: Учеб. пособие. – Рязань: РГАТУ, 2019. – 325 с. – ISBN 978-5-98660-338-4.

Верижникова Т. И., Гашникова Е. Л., Евдокимова Е. Н. и др. Экономика эксплуатационной работы железнодорожного транспорта: техника и технологии наземного транспорта, эксплуатация железных дорог, технология транспортных процессов: Учеб. пособие / Под редакцией Л. В. Шкуриной. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 274. – ISBN 978-5-907055-68-1.

Войнов С. А. Построение и эксплуатация станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем железнодорожной автоматики: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 105 с. – ISBN 978-5-907055-42-1.

Воронов О. В. Проектирование выполнения земляных работ на участке строительства железнодорожного полотна: Учеб. пособие. – Воронеж: Филиал РГУПС, 2019. – 89 с. – ISBN 978-5-6042921-12.

Григорьев В. А., Кузнецов С. П., Гишваров А. С. и др. Испытания авиационных двигателей: Учебник / Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. В. А. Григорьева, д-ра техн. наук, проф. А. С. Гишварова. – 2-е изд., доп. – М.: Инновационное машиностроение, 2019. – 541 с. – ISBN 978-5-907104-15-0.

Гундарева Е. В. Организация работ по текущему содержанию пути: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 206 с. – ISBN 978-5-907055-49-0.

Дедюхина Н. В. Аналитическое обеспечение инновационного развития бизнес-структур промышленно-транспортного комплекса: Учеб. пособие. – СПб.: ПГУПС, 2019. – 54 с. – ISBN 978-5-7641-1283-1.

Евтюков С. С., Куракина Е. В., Перевалов Н. В. IT-технологии в автодорожной экспертизе: Монография. – СПб.: Петрополис, 2019. – 131 с. – ISBN 978-5-9676-1029-5.

Елистратова А. В. Автоматические тормоза вагонов: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 230 с. – ISBN 978-5-907055-47-6.

Живетин В. Б. Аэромеханика. – М.: МИПР, 2019. – 364 с. – ISBN 978-5-98664-118-8.

Жмуль Д. Д. Устройство и техническое обслуживание контактной сети магистральных электрических железных дорог: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 734 с. – ISBN 978-5-907055-39-1.

Ильина М. С., Губа О. П., Ксензова Н. Н. Теория и практика развития предприятий морской транспортной отрасли РФ: Учеб. пособие. – Иваново: Научный мир, 2019. – 123 с. – ISBN 978-5-6042828-4-7.

Карапетянц И. В., Кислицына Н. Ф., Егоров В. Г. Международные транспортные организации: Учеб. пособие. – СПб.: Алетейя, 2019. – 166 с. – ISBN 978-5-907189-55-3.

Кольга В. В., Шувалова М. А. Подготовка техников аэрокосмической отрасли в условиях дуального образования: Монография. – Красноярск: Красноярский гос. педагогический ун-т, 2019. – 213 с. – ISBN 978-5-86433-775-2.

Корягин Н. Д., Большедворская Л. Г. Организация бизнес-процессов контроллинга авиапредприятий: Учеб. пособие. –

М.: МГТУ ГА, 2019. – 80 с. – ISBN 978-5-6042813-4-5.

Крейнис З. Л., Селезнева Н. Е. Техническое обслуживание и ремонт железнодорожного пути: Учебник. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 451 с. – ISBN 978-5-907055-60-5.

Левкин Г. Г. Логистика: техника и технологии наземного транспорта, технология транспортных процессов: Учебник. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 459 с. – ISBN 978-5-907055-74-2.

Макеев В. Н., Сушков С. И., Неранов Р. Г. Эргономические основы совершенствования транспортно-грузовых процессов лесопромышленных производств на базе систем автоматизированного управления погрузочно-разгрузочными механизмами: Монография. – Воронеж: ВГЛТУ, 2019. – 163 с. – ISBN 978-5-7994-0852-7.

Масленников А. Н., Мыльцев В. И., Вершилов С. А., Пономарёв М. А. Обслуживание воздушного движения: Учеб. пособие / Под общ. ред. А. Н. Масленникова, В. И. Мыльцева. – Ульяновск: Зебра, 2019. – 211 с. – ISBN 978-5-6042827-7-9.

Мирзаянов Ф. М. Основы безопасности полетов. – М.: Когито-Центр, 2019. – 365 с. – ISBN 978-5-89353-558-7.

Монашев В. М. Динамика и системы управления вертолёта: Учеб. пособие / Под ред. В. А. Леонтьева. – М.: Изд-во МАИ, 2019. – 212 с. – ISBN 978-5-4316-0584-0.

Морозов В. Н., Шапкин И. Н. Эффективные методы и модели управления процессами перевозок на железнодорожном транспорте (теория, практика, перспективы). – М.: Транспорт: Финансы и статистика, 2019. – 484 с. – ISBN 978-5-279-03601-1.

Овчаренко В. Н. Аэродинамические характеристики летательных аппаратов: идентификация по полётным данным. – М.: Ленанд, 2019. – 235 с. – ISBN 978-5-9710-6019-2.

Павлов В. В. Летательные аппараты с преобразуемым в несущий винт крылом: Монография. – Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2019. – 318 с. – ISBN 978-5-7579-2369-7.

Пак М. В. Управление человеческими ресурсами на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во СГУПСа, 2019. – 40 с. – ISBN 978-5-00148-026-6.

Пшениснов Н. В. Железнодорожный путь: Учебник. – Нижний Новгород: Филиал СамГУПС, 2019. – 290 с. – ISBN 978-5-6042645-1-5.

Сакс Н. В., Чеченова Л. М. Программное обеспечение управления проектами транспортной компании: Учеб. пособие. – СПб.: ПГУПС, 2019. – 102 с. – ISBN 978-5-7641-1280-0.

Степаненко Е. В. Организация бизнес-процессов управления человеческими ресурсами авиапредприятия: Учеб. пособие. – М.: МГТУ ГА, 2019. – 85 с. – ISBN 978-5-6042751-8-4.

Стоянова Н. В., Рязанцев Е. В. Нетяговый подвижной состав: Учеб. пособие. – Воронеж: филиал РГУПС, 2019. – 76 с. – ISBN 978-5-6042921-2-9.

Сухоруков А. И. Реинжиниринг бизнес-процессов авиапредприятий: Учеб. пособие. – М.: МГТУ ГА, 2019. – 60 с. – ISBN 978-5-6042813-6-9.

Тонких А. С., Филиппская Н. Ю., Бабурина О. Н. и др. Прогнозирование объемов услуг предприятий морского транспорта: Учеб. пособие. – Иваново: Науч. мир, 2019. – 89 с. – ISBN 978-5-6042828-3-0.

Цевелев А. В. Бизнес-процессы материально-технического обеспечения железнодорожного транспорта: Монография. – М.: Инфра-М, 2019. – 244 с. – ISBN 978-5-16-015401-5.

Черемисин В. Т., Незевак В. Л., Шатохин А. П. Повышение энергетической эффективности перевозочного процесса на основе изменения параметров графика движения поездов: Научная монография. – Омск: ОмГУПС, 2019. – 250 с. – ISBN 978-5-949-41220-6.

Шепелин Г. И. Логистика: Учеб. пособие. – М.: Альтаир-МГАВТ, 2019. – 103 с.

Щербань К. С. Основы прочности авиационных конструкций: Учеб. пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2019. – 350 с. – ISBN 978-5-4316-0569-7.

Эрлих Н. В., Эрлих А. В., Ефимова Т. Б., Папировская Л. И. Информационные системы в сервисе оказания услуг при организации грузовых перевозок на железнодорожном транспорте: Учеб. пособие. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2019. – 212 с. – ISBN 978-5-907055-57-5.

Подготовила Н. ОЛЕЙНИК ●

NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

Editions initially published in Russian

https://doi.org/10.30932/1992-3252-2019-17-3-316-320

Barkov, A. V., Barkova, N. A., Fedorishchev, V. V. Vibration diagnostics of wheel-gear units in railway transport: Study guide [*Vibratsionnaya diagnostika kolesno-reduktornykh blokov na zheleznodorozhnom transporte: Ucheb. posobie*]. St. Petersburg, Svoe izdatelstvo, 2019, 98 p. ISBN 978-5-4386-1724-2.

Berdysheva, Yu. A., Zharkova, E. A., Rodionova, T. P. Digital economy of the railway transportation service system: Monograph [*Tsifrovaya ekonomika sistemy transportnogo zheleznodorozhnogo obsluzhivaniya naseleniya: Monografiya*]. Novosibirsk, NTGU, 2019, 158 p. ISBN 978-5-7782-3883-1.

Bulov, A. A., Alekseeva, E. K., Kislova, T. A. [*et al*]. Transport and technological schemes for transportation of hydrocarbons along the Northern Sea Route: Monograph [*Transportno-tekhnologicheskie skhemy perevozki uglevodorodnogo syriya po Severnomu morskomu puti: Monografiya*]. Ed. by A. A. Bulov. St. Petersburg, Publishing house of Admiral Makarov SUMIS, 2019, 113 p. ISBN 978-5-9509-0340-3.

Byshov, N. V., Borychev, S. N., Martynushkin, A. B. [*et al*]. Economic efficiency, quality assessment and improvement of passenger transportation management in the region. Economic fundamentals of functioning of road transport enterprises: Study guide [*Ekonomicheskaya effektivnost', otsenka kachestva i sovershenstvovanie upravleniya passazhirskimi perevozkami v regione. Ekonomicheskie osnovy funktsionirovaniya predpriyatii avtomobilnogo transporta: Ucheb. posobie*]. Ryazan, RGATU, 2019, 325 p. ISBN 978-5-98660-338-4.

Cheremisin, V. T., Nezevak, V. L., Shatokhin, A. P. Increasing energy efficiency of transportation process based on changes in the parameters of train schedule: Scientific monograph [*Povyshenie energeticheskoi effektivnosti perevozochnogo protsessa na osnove izmeneniya parametrov grafika dvizheniya poezdov: Nauchnaya monografiya*]. Omsk, OmGUPS, 2019, 250 p. ISBN 978-5-949-41220-6.

Dedyukhina, N. V. Analytical support for innovative development of business structures of the industrial transport complex: Study guide [*Analiticheskoe obespechenie innovatsionnogo razvitiya biznes-struktur promyshlenno-transportnogo kompleksa: Ucheb. posobie*]. St. Petersburg, PGUPS, 2019, 54 p. ISBN 978-5-7641-1283-1.

Elistratova, A. V. Automatic brakes of wagons: Study guide [*Avtomaticheskie tormoza vagonov: Ucheb. posobie*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2019, 230 p. ISBN 978-5-907055-47-6.

Erlikh, N.V., Erlikh, A.V., Efimova, T. B., Papirovskaya, L. I. Information systems in providing services for organization of cargo transportation by rail: Study guide [*Informatsionnie sistemy v servise okazaniya uslug pri organizatsii gruzovykh perevozok na zheleznodorozhnom transporte: Ucheb. posobie*]. Moscow, TMS for education on railway transport, 2019, 212 p. ISBN 978-5-907055-57-5.

Evtyukov, S. S., Kurakina, E. V., Perevalov, N. V. IT technologies in road expertise: Monograph [*IT-tekhnologii v avtodorozhnoi ekspertize: Monografiya*]. St. Petersburg, Petropolis, 2019 , 131 p. ISBN 978-5-9676-1029-5.

Grigoriev, V. A., Kuznetsov, S. P., Gishvarov, A. S. [*et al*]. Tests of aircraft engines: Textbook [*Ispytaniya aviatsionnykh dvigatelei: Uchebnik*]. Ed. by D.Sc. (Eng), prof. V.A. Grigoriev, D.Sc. (Eng), prof. A. S. Gishvarov. 2nd ed., enl. Moscow, Innovatsionnoe mashinostroenie, 2019, 541 p. ISBN 978-5-907104-15-0.

Gundareva, E. V. Organization of work for current track maintenance: Study guide [*Organizatsiya rabot po tekushchemu soderzhaniyu puti: Ucheb. posobie*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2019, 206 p. ISBN 978-5-907055-49-0.

Ilyina, M. S., Guba, O. P., Ksenzova, N. N. Theory and practice of development of enterprises of the marine transport industry of the Russian Federation: Study guide [*Teoriya i praktika razvitiya predpriyatii morskoi transportnoi otrasli: Ucheb. posobie*]. Ivanovo, Nauchniy mir, 2019, 123 p. ISBN 978-5-6042828-4-7.

Karapetyants, I. V., Kislitsyna, N. F., Egorov, V. G. International transport organizations: Study guide [*Mezhdunarodnie transportnie organizatsii: Ucheb. posobie*]. St. Petersburg, Aleteya, 2019, 166 p. ISBN 978-5-907189-55-3.

Kolga, V. V., Shuvalova, M. A. Training of aerospace technicians in dual education: Monograph [*Podgotovka tekhnikov aerokosmicheskoi otrasli v usloviyakh dualnogo obrazovaniya: Monografiya*]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk State Pedagogical University, 2019, 213 p. ISBN 978-5-86433-775-2.

Koryagin, N. D., Bolshedvorskaya, L. G. Organization of business processes of controlling of air enterprises: Study guide [*Organizatsiya biznes-protessov kontrollinga aviapredpriyatii: Ucheb. posobie*]. Moscow, MSTU CA, 2019, 80 p. ISBN 978-5-6042813-4-5.

Kreinis, Z. L., Selezneva, N. E. Technical maintenance and repair of a railway track: Textbook [*Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont zheleznodorozhnogo puti: Uchebnik*]. Moscow,

TMC for education on railway transport, 2019, 451 p. ISBN 978-5-907055-60-5.

Levkin, G. G. Logistics: equipment and technologies of land transport, technology of transport processes: Textbook [*Logistika: tekhnika i tekhnologii nazemnogo transporta, tekhnologii transportnykh protsessov: Uchebnik*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2019, 459 p. ISBN 978-5-907055-74-2.

Makeev, V. N., Sushkov, S. I., Neranov, R. G. Ergonomic fundamentals of improving transport and cargo processes of timber industry based on automated control systems for loading and unloading mechanisms: Monograph [*Ergonomicheskie osnovy sovershenstvovaniya transportno-gruzovykh protsessov lesopromyshlennykh proizvodstv na baze system avtomatizirovannogo upravleniya pogruzochno-razgruzochnymi mekhanizmami: Monografiya*]. Voronezh, VSLTU publ., 2019, 163 p. ISBN 978-5-7994-0852-7.

Maslennikov, A. N., Myltsev, V. I., Vershilov, S. A., Ponomarev, M. A. Air traffic services: Study guide [*Obsluzhivanie vozdushnogo dvizheniya: Ucheb. posobie*]. Ed. by A. N. Maslennikov, V. I. Myltsev. Ulyanovsk, Zebra publ., 2019, 211 p. ISBN 978-5-6042827-7-9.

Mirzayanov, F. M. Flight safety fundamentals [*Osnovy bezopasnosti poletov*]. Moscow, Kogito-Center publ., 2019, 365 p. – ISBN 978-5-89353-558-7.

Monashev, V. M. Dynamics and helicopter control systems: Study guide [*Dinamika i sitemy upravleiya vertoleta: Ucheb. posobie*]. Ed. by V. A. Leontiev. Moscow, Publishing House of MAI, 2019, 212 p. ISBN 978-5-4316-0584-0.

Morozov, V. N., Shapkin, I.N. Effective methods and models for managing transportation processes in railway transport (theory, practice, prospects) [*Effektivnie metody i modeli upravleniya protsessami perevozok na zheleznodorozhnom transporte (teoriya, praktika, perspektivy*]. Moscow, Transport: Finance and Statistics, 2019, 484 p. ISBN 978-5-279-03601-1.

Ovcharenko, V. N. Aerodynamic characteristics of aircraft: identification by flight data [*Aerodinamicheskie kharakteristiki letatelnykh apparatov: identifikatsiya po poletnym dannym*]. Moscow, Lenand publ., 2019, 235 p. ISBN 978-5-9710-6019-2.

Pak, M. V. Human resource management in railway transport: Study guide [*Upravlenie chelovecheskimi resursami na zheleznodorozhnom transporte: Ucheb. posobie*]. Novosibirsk, SGUPS Publishing House, 2019, 40 p. ISBN 978-5-00148-026-6.

Pavlov, V. V. Aircraft with a wing convertible into a rotor: Monograph [*Letatelnie apparaty s preobrazuemym v nesushchiy vint krylom: Monografiya*]. Kazan, KNITU-KAI Publishing House, 2019, 318 p. ISBN 978-5-7579-2369-7.

Pshenisnov, N. V. Railway track: Textbook [*Zheleznodorozhniy put': uchebnik*]. Nizhny Novgorod, branch of SamGUPS, 2019, 290 p. ISBN 978-5-6042645-1-5.

Saks, N. V., Chechenova, L. M. Project management software of the transport company: Study guide [*Programmnoe obespechenie upravleniya proektami transportnoi kompanii: Ucheb. posobie*]. St. Petersburg, PGUPS publ., 2019, 102 p. ISBN 978-5-7641-1280-0.

Shcherban, K. S. Fundamentals of the strength of aircraft structures: Study guide [*Osnovy prochnosti avistsionnykh konstruktsii: Ucheb. posobie*]. Moscow, Publishing House of MAI, 2019, 350 p. ISBN 978-5-4316-0569-7.

Shepelin, G. I. Logistics: Study guide [*Logistika: Ucheb. posobie*]. Moscow, Altair-MGAVT, 2019, 103 p.

Stepanenko, E. V. Organization of business processes of human resource management of an aviation enterprise: Study guide [*Organizatsiya biznes-protsessov upravleniya chelovecheskimi resursami aviapredpriyatiya: Ucheb. posobie*]. Moscow, MSTU CA, 2019, 85 p. ISBN 978-5-6042751-8-4.

Stoyanova, N. V., Ryazantsev, E.V. Non-traction rolling stock: Study guide [*Netyagoviy podvizhnoi sostav: Ucheb. posobie*]. Voronezh, branch of RGUPS, 2019, 76 p. ISBN 978-5-6042921-2-9.

Sukhorukov, A. I. Reengineering of business processes of aviation enterprises: Study guide [*Reinzhiniring biznes-protsessov aviapredriyatii: Ucheb. posobie*]. Moscow, MSTU CA, 2019, 60 p. ISBN 978-5-6042813-6-9.

Tonkikh, A. S., Filippskaya, N. Yu., Baburina, O. N. [*et al*]. Forecasting the volume of services of sea transport enterprises: Study guide [*Prognozirovanie ob'emov uslug predpriyatii morskogo transporta: Ucheb. posobie*]. Ivanovo, Nauchniy mir, 2019, 89 p. ISBN 978-5-6042828-3-0.

Tsevelev, A. V. Business processes of material and technical support of railway transport: Monograph [*Biznes-protsessy materialno-tekhnicheskogo obespecheniya zheleznodorozhnogo transporta: Monografiya*]. Moscow, Infra-M publ., 2019, 244 p. ISBN 978-5-16-015401-5.

Verizhnikova, T. I., Gashnikova, E. L., Evdokimova, E. N. [*et al*]. Economics of operational work of railway transport: land transport equipment and technologies, railway operation, transport process technology: Study guide [*Ekonomika ekspluatatsionnoi raboty zheleznodorozhnogo transporta: tekhnika i tekhnologii nazemnogo transporta, ekspluatatsiya zheleznykh dorog, tekhnologiya transportnykh protsessov: Ucheb. posobie*]. Ed. by L. V. Shkurina. Moscow, TMC for education on railway transport, 2019, 274. ISBN 978-5-907055-68-1.

Voinov, S. A. Construction and operation of station, haul, microprocessor and diagnostic systems of railway automation: Study guide [*Postroenie i ekspluatatsiya stantsionnykh, peregonnykh, mikroprotsessornykh i diagnosticheskikh system zheleznodorozhnoi avtomatiki: Ucheb. posobie*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2019, 105 p. ISBN 978-5-907055-42-1.

Voronov, O. V. Design of performance of excavation work on the construction site of the railway track: Study guide [*Proektirovnie vypolneniya zemlyanykh rabot na uchastke stroitelstva zheleznodorozhnogo polotna: Ucheb. posobie*]. Voronezh, Branch of RGUPS, 2019, 89 p. ISBN 978-5-6042921-12.

Zhivetin, V. B. Aeromechanics [*Aeromekhanika*]. Moscow, MIPR, 2019, 364 p. ISBN 978-5-98664-118-8.

Zhmul, D. D. Arrangement and maintenance of the catenary system of main electric railways: Study guide [*Ustroistvo i tekhnicheskoe obsluzhivanie kontaktnoi seti magistralnykh elektricheskikh zheleznykh dorog: Ucheb. posobie*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2019, 734 p. ISBN 978-5-907055-39-1.

Compiled by N. OLEYNIK

Editions originally published in English

Advances in Smart Vehicular Technology, Transportation, Communication and Applications. Proceeding of the Second International Conference on Smart Vehicular Technology, Transportation, Communication and Applications, October 25–28, 2018. Mount Emei, China, Part 2. Zhao, Yong; Wu, Tsu-Yang; Chang, Tang-Hsien; Pan, Jeng-Shyang; Jain, Lakhmi C. Springer, Cham, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-04585-2. Print ISBN 978-3-030-04584-5. Online ISBN 978-3-030-04585-2. Series Print ISSN 2190-3018. Series Online ISSN 2190-3026.

Bak, Ozlem. E-Business and Supply Chain Integration. Strategies and Case Studies from Industry. KoganPage, 2018, 272 p. EAN: 9780749478452.

Barlow, Mike; Levy-Bencheton, Cornelia. Smart Cities, Smart Future: Showcasing Tomorrow. Wiley, 2018, 336 p. ISBN 978-1-119-51618-7.

Behnam. AeroMACS: An IEEE 802.16 Standard-Based Technology for the Next Generation of Air Transportation Systems. Wiley, 2018, 480 p. ISBN 978-1-119-28110-8.

Browne, Michael; Behrends, Sönke; Woxenius, Johan; Giuliano, Genevieve; Holguin-Veras, José. Urban Logistics. KoganPage, 2018, 392 p. EAN: 9780749478711

Fang, Youtong; Zhang, Yuehong (Helen). China's High-Speed Rail Technology. An International Perspective. Springer Singapore, 2018, XXIII, 594 p., eBook ISBN 978-981-10-5610-9, DOI: 10.1007/978-3-030-03825-0, Hardcover ISBN 978-981-10-5609-3, Series ISSN 2363-5010.

Ferrara, Antonella; Sacone, Simona; Siri, Silvia. Freeway Traffic Modelling and Control. Springer International Publishing, 2018, XX, 316 p., eBook ISBN 978-3-319-75961-6, DOI: 10.1007/978-3-319-75961-6, Hardcover ISBN 978-3-319-75959-3, Softcover ISBN 978-3-030-09364-8, Series ISSN 1430-9491.

Gautam, Anirudh; De, Sudipta; Dhar, Atul; Gupta, Jai Gopal; Pandey, Ashok. Sustainable Energy and Transportation. Technologies and Policy. Springer Singapore, 2018, XIV, 292 p., eBook ISBN 978-981-10-7509-4, DOI: 10.1007/978-981-10-7509-4, Hardcover ISBN 978-981-10-7508-7, Series ISSN 2522-8366.

Jenkinson, Keith A. Airport buses. Amberley Publishing, 2018, ISBN 9781445679358.

Land, van't C. M. Safety in Design. Wiley, 2018, 224 p. ISBN 978-1-118-74555-7.

Management, Policy and Innovation in a Rapidly Changing Environment. KoganPage, 2018, 392 p. EAN: 9780749478711.

McKinnon, Alan. Decarbonizing Logistics. Distributing Goods in a Low Carbon World. KoganPage, 2018, 328 p. EAN: 9780749483807.

Neise, Rolf. Container Logistics. The Role of the Container in the Supply Chain. KoganPage, 2018, 448 p. EAN: 9780749481247.

Smith, Constance. Damsels in Design: Women Pioneers in the Automotive Industry, 1939–1959. Schiffer, 2018. 192 p. ISBN-10: 0764354353, ISBN-13: 978-0764354359.

Spieler, Christof. Trains, Buses, People. An Opinionated Atlas of US Transit. Island Press/ Center for Resource Economics, 2018, X, 251 p. eBook ISBN 978-1-61091-904-3, DOI: 10.5822/978-1-61091-904-3.

Tatham, Peter; Christopher, Martin. Humanitarian Logistics. Meeting the Challenge of Preparing For and Responding To Disasters. 3rd ed., KoganPage, 2018, 376 p. EAN: 9780749481445.

Wu, James C. Elements of Vorticity Aerodynamics. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2018, X, 140 p., eBook ISBN 978-3-662-44040-7, DOI: 10.1007/978-3-662-44040-7, Hardcover ISBN 978-3-662-44039-1, Softcover ISBN 978-3-662-56876-7, Series ISSN 2195-9862.