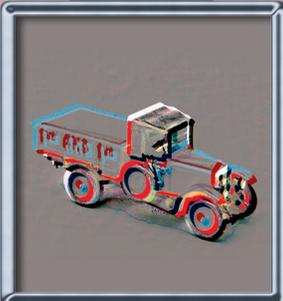


# ТРАНСПОРТ **МИР**

**WORLD OF TRANSPORT  
AND TRANSPORTATION**

**2** 2019  
Том / Vol. 17



# ИТОГИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РОССИИ В 2018 ГОДУ И ЕЁ ЗАДАЧИ НА ПЕРСПЕКТИВУ



**Н**а состоявшейся 3 апреля 2019 года итоговой коллегии Министерства транспорта Российской Федерации были обсуждены результаты деятельности отрасли в 2018 году и обозначены перспективные задачи.

Министр транспорта Российской Федерации Евгений Дитрих в своём докладе отметил, что 2018 год был рубежным, когда надо было не только закончить крупнейшие транспортные проекты, но и разработать и принять целый ряд новых масштабных документов по развитию транспортной инфраструктуры до 2024 года, а также обеспечить начало их реализации через внедрение и развитие системы проектного управления. «Решая эти за-

дачи, мы убедились, насколько важно работать в команде, в тесном взаимодействии с регионами, общественностью и привлекать кадры высокой квалификации», — отметил министр.

Говоря о приоритетных задачах Минтранса на среднесрочный период и механизмах их реализации, Е. Дитрих подчеркнул, что важнейшими стратегическими инструментами достижения целей являются федеральные проекты национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги» и Комплексного плана модернизации и расширения магистральной инфраструктуры, которые составляют основу госпрограммы «Развитие транспортной системы». Реализация девяти федеральных проектов позволит решить к 2024 году две основные задачи: повысить экспортный потенциал России на основе развития транспортных коридоров «Запад–Восток» и «Север–Юг» и уровень территориальной связанности на основе сбалансированного развития всех видов транспорта. В докладе была приведена подробная информация о планируемой деятельности.

Участники коллегии выступили с докладами, в которых рассказали о текущем состоянии и перспективах развития различных отраслей транспорта.

*Продолжение темы на с. 15.*

**По материалам Минтранса России**

<https://www.mintrans.ru/press-center/news/9068> ●

## THE RESULTS OF THE TRANSPORT ACTIVITY IN RUSSIA IN 2018 AND ITS FUTURE CHALLENGES

**T**he summarizing session of the Board of the Ministry of Transport of the Russian Federation held on April 3, 2019 discussed the results of the industry in 2018 and identified future objectives. Minister of Transport of the Russian Federation Evgeny Dietrich in his report noted that 2018 was a milestone, when it was necessary not only to finalize the largest transport projects, but also to develop and adopt a number of new large-scale documents on the development of transport infrastructure up to the year 2024, as well as to ensure the start of their implementation through the introduction and development of project management system. «Solving these problems, we have seen how important it is to work in a team, in close cooperation with the regions, the public and attract highly qualified personnel», the Minister said.

Speaking about the priority medium-term tasks of the Ministry of Transport and the mechanisms of their implementation, E. Dietrich stressed that the most important strategic tools for achieving the goals are within the federal projects of the national project «Safe

and quality roads» and of the Comprehensive Plan of modernization and extension of main road and highway infrastructure, which is the backbone of the state program «Development of transport system». The implementation of nine federal projects will allow to solve two main tasks by the year 2024: to increase the export potential of Russia on the basis of development of «West–East» and «North–South» transport corridors and to enhance territorial cohesion on the basis of balanced development of all modes of transport. The report provided detailed information on the proposed activity.

The participants in the board session made presentations on the current state and prospects of development of different modes and sectors of transport.

*The topic is continued at P. 15.*

**Compiled from the press-releases of the Ministry of Transport of Russia: <https://www.mintrans.ru/press-center/news/9068> ●**

# ТРАНСПОРТ МИР

• ТЕОРИЯ • ИСТОРИЯ  
• КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

2019  
2 (81)

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 ДЮЕНИН, Владимир ПАНИЩЕВ, Игорь РАЗЖИВАЙКИН*  
Цифровая модель: прогноз поведения в транспортных процессах. . . . . 6
- Надежда ФИЛИППОВА, Вениамин БОГУМИЛ, Владимир БЕЛЯЕВ*  
О прогнозировании сроков навигации на основе цепей Маркова . . . . . 16
- Анатолий ГУСЕВ, Сергей ГУСЕВ, Александр МИЛЕВСКИЙ*  
Оптимальное обслуживание дискретных объектов на плоскости, в пространстве и заданных границах сферы . . . . . 26
- Светлана БОРИСОВА*  
Регулирование отношений в сфере транспорта на основе конвергенции частного и публичного права . . . . . 44
- Василий ДЕМИН, Себастиан ОЙРИХ, Дмитрий ЕФИМЕНКО*  
Модель определения оптимальных траекторий перемещения партий грузов . . . . . 56

### НАУКА И ТЕХНИКА

- Иван КРЕМЛЕВ, Александр ТЫРЫШКИН*  
Объекты инфраструктуры для беспилотных транспортных средств . . 64
- Бахитжан ДЖАНМУЛДАЕВ, Алексей ЛОКТЕВ, Канат АЛЕНОВ, Зульфия ФАЗИЛОВА*  
Поперечные колебания секции плиты в основании безбалластного пути . . . . . 72
- Глеб НЕКРАСОВ, Валентин БАЛАБИН*  
Принципы модульности проектирования и обслуживания локомотивов . . 80

### ЭКОНОМИКА

- Олег ДУНАЕВ, Алексей ГУЦ*  
Транспортно-логистическая платформа для мультимодальных пассажирских перевозок . . . . . 92
- Ирина ПОЛЕШКИНА*  
Полифункциональность транспортной системы северных регионов. . . 104
- Наталья ТЕРЁШИНА, Виктор ПОДСОРИН, Мария ДАНИЛИНА*  
Глобализация и производительность труда в транспортном комплексе . . 118
- Ольга ЛЕОНОВА*  
Система сбалансированных показателей для судоремонтных предприятий . . . . . 130

### ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- Душита КУЛАПАТ, Алексей БОЙКОВ*  
Расчёт потребности во флоте для транспортно-логистической системы . . . . . 146

## 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

<i>Максим КУДРЯШОВ, Радион АЙРИЕВ, Александр ПРОКОПЕНКОВ</i> Апробация методики оценки качества транспортного обслуживания . . .	154
<i>Екатерина КУЛИКОВА, Ольга МАДЯР, Александр ГАЛИЦКИЙ</i> Анализ доступности железнодорожного транспорта для населения крупных агломераций . . . . .	166
<i>Валерий КУРГАНОВ, Алексей ДОРОФЕЕВ, Ольга НАСТАСЯК</i> Модель архитектуры транспортно-логистического предприятия. . . . .	176
<i>Игорь ДОНЦОВ</i> Хранение геометрических данных . . . . .	190
<i>Елена КАРПЫЧЕВА</i> Применение стандартов на документацию. . . . .	198

## БЕЗОПАСНОСТЬ

<i>Владимир ПОПОВ, Филипп СУХОВ, Юлия БОЛАНДОВА</i> Культура обеспечения безопасности транспорта . . . . .	206
<i>Игорь ТАРАРЫЧКИН</i> Защита транспортных узлов и обеспечение стойкости трубопроводных систем . . . . .	218
<i>Анатолий ЛУКЬЯНОВ, Дмитрий КОРОЛЬЧЕНКО, Анна ЛУКЬЯНОВА</i> Промышленная безопасность на энергоучастках электрифицированных линий. . . . .	230

## ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

<i>Александр ТРУБАЕВ, Каринэ МУРАДЯН</i> Проблемы получения высшего образования людьми с ограниченными возможностями здоровья и способы их решения. . . . .	242
<i>Валентин ВИНОГРАДОВ, Людмила КОЧНЕВА, Ольга ПЛАТОНОВА</i> О взаимодействии школы и вуза в рамках профильного инженерного образования . . . . .	254
<i>Александр ГОРБУНОВ, Алексей ФЕДЯКИН, Иван ФЕДЯКИН</i> История транспорта: инновационное измерение традиционного учебного курса . . . . .	260

## КОЛЕСО ИСТОРИИ

<i>Николай ГРИГОРЬЕВ</i> История одного изобретения. Борис Розинг . . . . .	274
Пресс-архив. Рельсовый кризис . . . . .	287
Пароход Фултона: памятная дата . . . . .	292

## КНИЖНАЯ ЛОЦЯ

<i>Олег ЛАРИН</i> Регулирование международных перевозок: современные аспекты . . . . .	296
Авторефераты диссертаций . . . . .	306
Новые книги о транспорте. . . . .	310
Экспресс-информация . . . . .	15, 79, 103, 117, 153, 165, 197, 240, 253, 294

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 Роспечати «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](mailto:Info@bukivedi.com)

Ознакомиться с содержанием вышедших номеров можно на сайте научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru), а с условиями публикаций в журналах – на [web-сайте](http://web-сайте) Российского университета транспорта по адресу:

<http://www.mii.ru>.

**Журнал включен в Российский индекс научного цитирования.**

# T World of Transport and Transportation

•THEORY  
•HISTORY  
•ENGINEERING  
OF THE FUTURE

Vol. 17<sup>2019</sup>  
Iss. 2

The journal is published  
by Russian University  
of Transport.

Founded in 2003 by MIIT.

#### Editorial council:

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

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

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

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

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

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

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

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

**Bakytzhan M. Kuanyshiev**,  
D.Sc. (Eng), professor 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 Duc Su**, D.Sc. (Eng),  
professor of the University of  
Transport and Communications  
(Hanoi, Vietnam)

**Valentin V. Vinogradov**, D.Sc.  
(Eng), professor of Russian  
University of Transport

## CONTENTS

### THEORY

- Vladimir N. GRIDIN, Viktor V. DOENIN,  
Vladimir S. PANISHCHEV, Igor S. RAZZHIVAYKIN*  
Digital Model: Behavior Forecast in Transport Processes . . . . . 6
- Nadezhda A. FILIPPOVA, Veniamin N. BOGUMIL, Vladimir M. BELYAEV*  
On Forecasting Navigation Seasons with Markov Chains . . . . . 16
- Anatoly I. GUSEV, Sergey A. GUSEV, Alexander S. MILEVSKY*  
Optimal Maintenance of Discrete Objects on the Plane,  
in Space and in Given Boundaries of the Sphere . . . . . 26
- Svetlana V. BORISOVA*  
Regulation of the Relations in the Transportation Field based  
on Convergence of Private and Public Law . . . . . 44
- Vasily A. DEMIN, Sebastian EURICH, Dmitry B. EFIMENKO*  
Model for Determining the Optimal Trajectory  
of Movement of Consignments . . . . . 56

### SCIENCE AND ENGINEERING

- Ivan A. KREMLEV, Alexander V. TYRYSHKIN*  
Infrastructure Facilities for Unmanned Vehicles . . . . . 64
- Bahitzhan D. DZHANMULDAEV, Alexey A. LOKTEV,  
Kanat T. ALENOV, Zulfiya T. FAZILOVA*  
Transverse Oscillation of a Base Slab Section of Ballastless Track. . . . . 72
- Gleb I. NEKRASOV, Valentin N. BALABIN*  
Principles of Modularity in Design and Maintenance of Locomotives . . 80

### ECONOMICS

- Oleg N. DUNAEV, Alexey V. GUTS*  
Transport and Logistics Platform for Multimodal Passenger  
Transportation . . . . . 92
- Irina O. POLESHKINA*  
Polyfunctionality of the Transport System of Northern Regions. . . . . 104
- Natalia P. TERYOSHINA, Victor A. PODSORIN, Maria G. DANILINA*  
Globalization and Labour Productivity in the Transport Sector . . . . . 118
- Olga G. LEONOVA*  
Balanced Scorecard for Repair Shipyards. . . . . 130

### ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

- Dushita KULAPAT, Alexey V. BOYKOV*  
Calculation of the Need in Merchant Fleet for the Transport  
and Logistics System . . . . . 146
- Maxim A. KUDRYASHOV, Radion S. AYRIEV, Alexander V. PROKOPENKOV*  
Approbation of Methods for Assessing Transport Services Quality . . . . 154

## EDITORIAL BOARD

**Boris A. LYOVIN,**

editor-in-chief

**Evgeny Yu. ZARECHKIN,**

first deputy editor-in-chief

## BOARD MEMBERS

**Evgeny S. ASHPIZ,**

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

**Leonid A. BARANOV,**

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

**Alexander M. BELOSTOTSKIY,**

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

**Galina V. BUBNOVA,**

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

**Yuriy A. BYKOV,**

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

**Victor S. FEDOROV,**

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

**Vladimir M. FRIDKIN,**

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

**Victor A. GRECHISHNIKOV,**

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

**Valeriy I. KONDRASHENKO,**

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

**Alexey A. LOKTEV,**

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

**Svyatoslav Y. LUTSKIY,**

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

**Oleg E. PUDOVNIKOV,**

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

**Victor A. SHAROV,**

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

**Alla K. SHELIKHOVA,**

head of editorial office

**Vladimir N. SIDOROV,**

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

**Natalia P. TERYOSHINA**

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

**Vladimir B. ZYLYOV,**

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

## EDITORIAL STAFF

**Ivan A. GLAZOV,**

editor

**Natalia C. OLEYNIK,**

editorial secretary

**Maria V. MASLOVA,**

translator

© Mir Transporta

© World of Transport  
and Transportation

© English translation

© 2019. All rights reserved.

*Ekaterina B. KULIKOVA, Olga N. MADYAR, Alexander V. GALITSKY*

Analysis of Accessibility of Railway Transport for Residents  
of Large Urban Agglomerations . . . . . 166

*Valery M. KURGANOV, Aleksey N. DOROFEEV, Olga B. NASTASYAK*

Transport and Logistics Enterprise Architecture Model . . . . . 176

*Igor E. DONTSOV*

Storage of Geometric Data . . . . . 190

*Elena V. KARPICHEVA*

Application of Documentation Standards . . . . . 198

## SAFETY AND SECURITY

*Vladimir G. POPOV, Philip I. SUKHOV, Yulia K. BOLANDOVA*

Transport Safety Culture . . . . . 206

*Igor A. TARARYCHKIN*

Protection of Transport Nodes and Resistibility of Pipeline Systems . . 218

*Anatoly M. LUKYANOV, Dmitry A. KOROLCHENKO, Anna A. LUKYANOVA*

Industrial Safety at the Energy Sites of Electrified Railway Lines . . . . 230

## HRM, EDUCATION & TRAINING

*Alexander S. TRUBAEV, Karine O. MURADIAN*

Problems of Obtaining Higher Education by People with Disabilities  
and Ways to Solve Them . . . . . 242

*Valentine V. VINOGRADOV, Ludmila F. KOCHNEVA, Olga A. PLATONOVA*

On Interaction of School and University in the Framework  
of Engineering Education . . . . . 254

*Alexander A. GORBUNOV, Aleksey V. FEDYAKIN, Ivan V. FEDYAKIN*

History of Transport: Innovative Dimension of a Traditional  
Educational Course . . . . . 260

## HISTORY WHEEL

*Nikolai D. GRIGORIEV*

The History of an Invention: Boris Rosing . . . . . 274

Press Archives. Rail Crisis . . . . . 287

Steam-boat of Robert Fulton: Memorable Date . . . . . 292

## BIBLIO-DIRECTIONS

*Oleg N. LARIN*

Regulation of International Transportation: Modern Aspects . . . . . 296

Abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses . . . . . 306

New Books on Transport and Transportation . . . . . 310

Express Information. . . . . 15, 79, 103, 117, 153, 165, 197, 240, 253, 294

Published quarterly since 2003. Bimonthly since 2013.

81 issues have been published since 2003.

Circulation of the current issue is 500 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, English text been additionally edited and structured.

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](http://miit.ru/portal/page/portal/en/about/media/world_of_transport).

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).

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.

# T

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ 6

Генерация данных посредством математического моделирования.

## ПРОГНОСТИКА 16

Цепи Маркова помогают предсказать навигацию.



## ПОИСК ОПТИМУМА 26

Задачи на размещение дискретных объектов.

## МЕТОДОЛОГИЯ 44

Транспортное право и конвергенция доминант частного и публичного права.

## АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ 56

Перемещение грузов в ТЛС: критерии и траектории любят свой счёт.

### ВОПРОСЫ ТЕОРИИ • THEORY

## DIGITALIZATION 6

Data generation through mathematical simulation.

## FORECASTING 16

Markov chains facilitate forecasting shipping season.

## OPTIMUM SEEKING 26

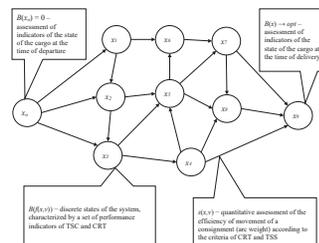
Problems of discrete objects allocation.

## METHODOLOGY 44

Transport law and convergence of dominants of private and public law.

## ANALYTICAL MODEL 56

Goods transit within transport and logistics systems: criteria and itineraries should be computed.





# Цифровая модель: прогноз поведения в транспортных процессах



Владимир ГРИДИН  
Vladimir N. GRIDIN

Виктор ДОЕНИН  
Viktor V. DOENIN



Владимир ПАНИЩЕВ  
Vladimir S. PANISHCHEV

Игорь РАЗЖИВАЙКИН  
Igor S. RAZZHIVAYKIN



## Digital Model: Behavior Forecast in Transport Processes

(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 11)

**В современном мире многие процессы и события зависят от прогнозирования. С развитием математических моделей учитывается всё большее количество факторов, влияющих на конечный результат прогноза, что, в свою очередь, делает всё более актуальным использование нейронных сетей. Но для обучения нейронной сети требуются исходные наборы данных, которые зачастую не всегда достаточны или вовсе могут отсутствовать. В статье рассмотрен способ получения максимально приближенной к реальности информации. Предлагаемый подход заключается в генерации исходных данных с помощью имитационных моделей объекта. Показано решение задачи генерации наборов данных и обучения на их основе нейронной сети на примере типового сортировочного железнодорожного узла, имитации работы сортировочной горки.**

**Предлагаемый подход заключается в генерации исходных данных с помощью имитационных моделей объекта.**

**Показано решение задачи генерации наборов данных и обучения на их основе нейронной сети на примере типового сортировочного железнодорожного узла, имитации работы сортировочной горки.**

Ключевые слова: цифровая математическая модель, нейронная сеть, имитационное моделирование, анализ, прогнозирование, транспортные процессы, поведение объектов, железная дорога.

*Гридин Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, научный руководитель центра информационных технологий в проектировании Российской академии наук, Москва, Россия.*

*Доенин Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Панищев Владимир Славиевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник центра информационных технологий в проектировании РАН, Москва, Россия.*

*Разживайкин Игорь Станиславович – ассистент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

**Т**ранспортный процесс – это развёрнутая во времени и пространстве совокупность операций, необходимых для перемещения объекта из одной точки пространства в другую [1, с. 12]. Операции, на основе которых осуществляется управление транспортным процессом, должны носить локальный, элементарный, детерминированный, направленный и массовый характер, так как в противном случае на их основе нельзя будет выстроить алгоритмическую процедуру управления [2, с. 15].

Основу цифровой математической модели составляют алфавиты:

- $Y = \{S_i, B_j, H_k, V_p, R_m, N_p\}$ ;
- $S_i$  – начальные и конечные точки;



- $V_j$  – пустая зона;
- $H_k$  – управление дальнейшим действием;
- $V_l$  – транспортный объект;
- $R_m$  – ветвление пути и выбор дальнейшего действия;
- $N_p$  – препятствие на пути движения;
- $Q = \{q_0, q_1, q_2, \dots, q_n\}$  – набор состояний транспортного объекта.
- $D = \{ST, EX, RE, R, L, R(S_k)\}$ ;
- $ST$  – движение вперёд;
- $EX$  – остановка/ожидание;
- $RE$  – движение в противоположную сторону;
- $R$  – движение направо;
- $L$  – движение налево;
- $R(S_k)$  – движение на один шаг от зоны  $R$  к зоне  $S_k$ .

События, которые возникают в подобной модели, и реакции транспортного оператора могут представляться выражениями подобного вида [2, с. 16]:

$$\frac{V_i}{q_j} BST \frac{V_i}{q_j}, \quad (1)$$

где первая тройка символов характеризует событие, которое может сложиться в транспортном процессе:

$$\frac{V_i}{q_j} B, \quad (2)$$

а вторая – одну из возможных реакций оператора:

$$ST \frac{V_i}{q_j}. \quad (3)$$

В целом эти две тройки указывают некоторую логическую операцию, пригодную для управления транспортным процессом на каком-то шаге его развития [1, с. 13].

Цифровая математическая модель позволяет построить цифровую имитационную модель движения транспортных объектов, которая может быть использована при прогнозировании транспортных процессов с помощью нейронных сетей.

\*\*\*

Включение нейронных сетей в прогнозирование предполагает поступление данных для их обучения. В транспортной отрасли такие исходные наборы данных не всегда имеются в нужном виде или вовсе могут отсутствовать.

При возникновении подобной ситуации можно пойти двумя путями:

- один из них подразумевает либо подбор параметров вручную, на что нужно потратить немало времени и при этом без гарантий результата, либо попытку получить актуальные данные у компании-представителя отрасли, что, в свою очередь, бывает не менее сложно и занимает порой больше времени, чем подбор параметров;
- второй путь представляет собой построение некоторой имитационной модели, возможно даже немного идеализированной, но имеющей под собой теоретически рассчитанные характеристики, позволяющие воспроизвести процесс, соответствующий реальности.

С помощью имитационной модели можно проанализировать правильность выбора параметров, более наглядно изучить процесс, результаты которого необходимо спрогнозировать, и в итоге получить исходные наборы данных для обучения нейронной сети, которые, в свою очередь, уже не являются абстрактными, а очень близкими к реальным. На построение имитационной модели тратится гораздо меньше времени, чем на подбор параметров. При прогнозировании однотипных процессов можно изменять или адаптировать имитационную модель под конкретный пример, что, с одной стороны, позволит иметь дополнительный контроль результатов, а с другой – провести сравнение методов прогнозирования.

Такой подход актуален для любой транспортной отрасли: железнодорожной, автомобильной, морской или воздушной. В каждой из них существует своя специфика организации движения, но при внесении некоторых ограничений и допущений в цифровую математическую модель она становится применимой к прогнозированию деятельности любого вида транспорта.

\*\*\*

Рассмотрим на примере использования имитационной модели сортировочной горки возможность генерации исходных данных для обучения нейронной сети [3, 4].

Возьмём структуру разработанной имитационной модели типовой сортировочной



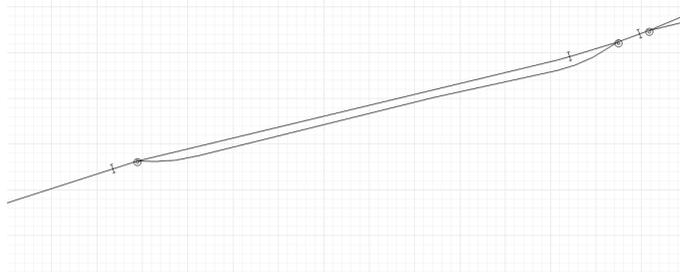


Рис. 1. Участок сортировочной горки, содержащий подъездной путь и путь для обгона локомотива.

Таблица 1

Статистика работы сортировочной горки для секции 1 (АГ)

Часы	АГ Количество составов в час	Количество отсортированных вагонов			
		Путь 1	Путь 2	Путь 3	Путь 4
1	2	3	4	5	6
1	2.2	38	32	27	35
2	2.2	30	27	39	35
3	2.3	39	29	32	35
4	2.2	38	41	30	25
5	2.2	39	27	37	29
6	2.1	32	34	33	25
7	2.1	27	31	26	42
8	2.1	35	24	37	32
9	2.2	37	36	28	31
10	2.4	32	35	39	39
11	2.2	28	30	45	30
12	2.2	28	25	40	41
13	2.3	27	28	43	41
14	2.1	38	26	34	27
15	2.2	42	37	31	23
16	2.5	40	38	35	37
17	2.0	28	29	32	31
1	2	3	4	5	6
18	2.4	30	27	44	40
19	2.2	31	34	33	31
20	2.3	40	27	35	33
21	2.5	36	39	38	36
22	2.3	40	41	22	32
23	2.3	25	43	34	38
24	2.2	34	40	27	29
ИТОГО	53.5	814	780	821	797
		3212			

горки (рис. 1) и путей формирования составов (рис. 2), созданных с помощью пакета моделирования AnyLogic [3, 4]. Исходя из задачи генерации данных и анализа работы сортировочного узла, можно считать, что именно сортировочная горка является ключевым элементом, влияющим на то, какие данные будут получены на выходе [5–13].

Допустим, что для анализа с помощью нейронной сети нам могут понадобиться следующие данные:

- суточный план-график работы сортировочного узла;
- наиболее используемые типы вагонов и их характеристики;
- количество путей парка отправления и приёма;

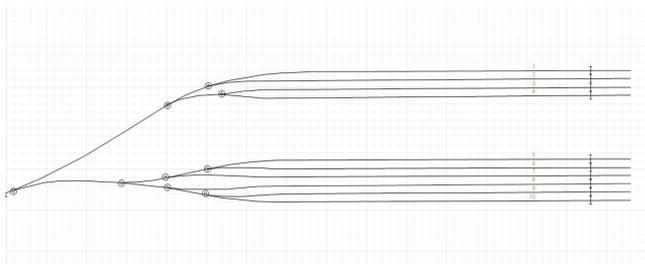


Рис. 2. Участок сортировочной горки, содержащий горку и пути формирования составов.

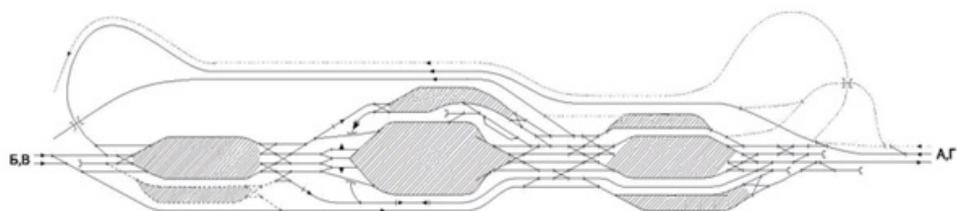


Рис. 3. Схема сортировочного узла с указанием направлений движения (использован рисунок из курсового проекта Марковой В. Р. «Проект новой сортировочной станции с автоматизированной горкой и схемы узла», Москва: МГУПС (МИИТ), 2017).

Таблица 2  
Статистика работы сортировочной горки для секции 2 (БВ)

Часы	БВ	Количество составов в час	Количество отсортированных вагонов				
			Путь 5	Путь 6	Путь 7	Путь 8	Путь 9
1	2	3	4	5	6	7	
1	2.8	30	39	32	29	37	
2	2.8	31	40	34	36	27	
3	2.8	26	41	38	29	31	
4	2.8	33	40	32	29	31	
5	2.8	33	26	39	32	36	
6	2.9	36	30	26	40	42	
7	2.9	34	38	34	33	35	
8	2.9	33	40	32	33	33	
9	2.8	37	34	35	31	30	
10	2.6	30	27	30	37	30	
11	2.8	38	39	28	36	25	
12	2.8	39	33	35	26	32	
13	2.7	33	30	41	31	27	
14	2.9	29	43	39	38	25	
15	2.8	29	29	30	49	29	
16	2.5	24	29	30	27	39	
17	3.2	40	40	32	36	41	
18	2.6	31	36	31	19	41	
19	2.8	34	31	27	31	47	
20	2.7	30	34	36	26	38	
21	2.5	5	42	36	35	32	
22	2.8	35	31	34	36	30	
23	2.7	26	29	30	43	34	
24	2.8	43	27	26	36	37	
ИТОГО	66.4	759	828	787	798	809	
		3981					

Таблица 3  
Статистика времени ожидания поездов в парке приёма в каждый час работы сортировочного узла

Часы	Время ожидания
1	15.06
2	12.04
3	12.00
4	12.04
5	12.08
6	12.08
7	12.00
8	12.04
9	12.04
10	12.04
11	12.04
12	12.04
13	11.96
14	12.04
15	12.04
16	12.04
17	11.65
18	12.04
19	12.04
20	12.04
21	12.04
22	11.96
23	11.92
24	12.04





- кривизна сортировочной горки;
- коэффициент торможения в точках торможения;
- количество используемых локомотивов;
- количество локомотивных бригад;
- погодные условия.

Подобный список является минимально необходимым, чтобы произвести приближенный анализ работы сортировочного узла и выдать некоторый прогноз [5–15]. Даже эти начальные сведения непросто получить в удобном виде из-за того, что автоматизированная система управления сортировочной станцией состоит из множества модулей, и потому информация хранится в разных местах и различных форматах. А часть информации, включая суточный план-график, составляется вручную.

Впрочем, даже имея минимальный набор данных (вагонооборот, количество используемых локомотивов, количество путей парка отправления, распределение вагонов по направлениям), есть возможность построить требуемую имитационную модель.

В таблицах 1–3 показано, какие данные с помощью имитационной модели удастся получить для типового сортировочного узла с одной сортировочной горкой. Данные, полученные с помощью имитационной модели, соответствуют направлениям движения, показанным на схеме сортировочного узла (рис. 3).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совокупность рассмотренных примеров подтверждает обоснованность предлагаемого методологического подхода к генерации исходных данных для нейронных сетей с помощью имитационных моделей реального объекта. При этом первоосновой теоретических построений закономерно выступает цифровая математическая модель, что позволяет получить имитационную модель движения транспортных объектов, которая надёжна при прогнозировании транспортных процессов и создании алгоритмов управления ими.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Доенин В. В. Адаптация транспортных процессов. – М.: Спутник+, 2009. – 219 с.
2. Доенин В. В. Моделирование транспортных процессов и систем. – М.: Спутник+, 2012. – 288 с.
3. Каталевский Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2015. – 496 с.
4. Куприяшкин А. Г. Основы моделирования систем: Учеб. пособие. – Норильск: Норильский индустр. ин-т, 2015. – 135 с.
5. Вакуленко С. П., Голубев П. В. Расчёт пропускной и перерабатывающей способности станции. – М.: МИИТ, 2004. – 108 с.
6. Корешков А. Н., Киселев А. Н., Сапежинский Ф. Н., Бородина Е. В., Панин В. В. Организация работы сортировочной станции. – М.: МИИТ, 2008. – 88 с.
7. Максимей И. В., Сукач Е. И., Гируц П. В., Ерофеева Е. А. Имитационное моделирование вероятностных характеристик функционирования железнодорожной сети // Математические машины и системы. – 2008. – № 4. – С. 147–153.
8. Максимей И. В., Сукач Е. И., Гируц П. В., Ерофеева Е. А. Автоматизация этапов разработки и эксплуатации имитационных моделей транспортных систем // Проблемы программирования. – 2008. – № 4. – С. 104–111.
9. Александров А. Э., Ковалёв И. А., Пермикин В. Ю. Моделирование транспортных систем: Учеб.-метод. пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2011. – 56 с.
10. Лычкина Н. Н. Проектирование логистической инфраструктуры межрегионального мультимодального логистического центра с применением имитационного моделирования // Логистика и управление цепями поставок. – 2014. – № 5. – С. 48–56.
11. Современные проблемы транспортного комплекса России: Межвуз. сб. науч. трудов / Под ред. А. Н. Рахмангулова. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г. И. Носова, 2011. – 209 с.
12. Программа имитационного моделирования работы припортовой железнодорожной станции с вероятностно-статистическим подходом к изменению параметров поступающего вагонопотока. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613827 / Зарегистр. в реестре программ для ЭВМ 08.04.2014. Р. Г. Король, П. В. Даниленко.
13. Карасёв С. В., Сивицкий Д. А. Распределение сортировочной работы на полигоне методом динамического программирования // Совершенствование технологии перевозочного процесса. – Новосибирск, 2015. – С. 94–99.
14. Сивицкий Д. А. Совершенствование методов расчёта параметров сортировочных устройств для многогруппной подборки вагонов / Дис... канд. техн. наук. – Новосибирск: СГУПС, 2017. – 191 с.
15. Осипов Д. В. Совершенствование методов расчёта параметров перевалочной части сортировочной горки / Дис... канд. техн. наук. – Новосибирск: СГУПС, 2017. – 191 с. ●

Координаты авторов: **Гридин В. Н.** – info@ditc.ras.ru, **Доенин В. В.** – vidovas@mail.ru, **Панищев В. С.** – +7(495) 596–02–19, **Разживайкин И. С.** – razzhivaykin.igor.s@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 18.01.2019, принята к публикации 04.03.2019.

**Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 17–20–01133 офи\_м\_РЖД.**

## DIGITAL MODEL: BEHAVIOR FORECAST IN TRANSPORT PROCESSES

**Gridin, Vladimir N.**, Center for Information Technology in Design of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

**Doenin, Viktor V.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

**Panishchev, Vladimir S.**, Center for Information Technology in Design of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

**Razzhivaykin, Igor S.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

### ABSTRACT

In today's world, many processes and events depend on forecasting. With development of mathematical models, an increasing number of factors influencing the final result of the forecast are taken into account, which in turn leads to the use of neural networks. But for training a neural network, source data sets are required, which are often not always sufficient or may not exist at all. The article describes a method of obtaining information as close to reality as possible. The proposed approach is to generate input data using simulation models of an object. The solution of a

problem of generation of data sets and of training of a neural network is shown at the example of a typical marshalling railway station, and of a simulation of operations of a shunting hump.

The considered examples confirmed the validity of the proposed methodological approach to generation of source data for neural networks using simulation models of a real object, based on a digital mathematical model, which makes it possible to obtain a simulation model of movement of transport objects, which is reliable in forecasting transport processes and creating relevant control algorithms.

**Keywords:** digital mathematical model, neural network, simulation modeling, analysis, forecasting, transport processes, behavior of objects, railway.

**Background.** The transport process is a set of operations deployed in time and space that are necessary to move an object from one point of space to another [1, p. 12]. Operations on the basis of which the transport process is managed must be local, elementary, deterministic, directional and massive, since otherwise it will not be possible to build an algorithmic control procedure based on them [2, p. 15].

The basis of the digital mathematical model consists of alphabets:

- $Y = \{S_p, B_p, H_k, V_p, R_m, N_p\}$ ;
- $S_p$  – starting and ending points;
- $B_p$  – empty zone;
- $H_k$  – control of further action;
- $V_p$  – transport object;
- $R_m$  – branching of a track and choice of further action;
- $N_p$  – an obstacle blocking the movement;
- $Q = \{q_0, q_1, q_2, \dots, q_n\}$  – set of states of a transport object.
- $D = \{ST, EX, RE, R, L, R(S_k)\}$ ;
- $ST$  – forward movement;
- $EX$  – stop/wait;
- $RE$  – movement in the opposite direction;
- $R$  – movement to the right;
- $L$  – movement to the left;
- $R(S_k)$  – one step movement from zone  $R$  to zone  $S_k$ .

Events that occur in a similar model, and the reactions of a transport operator can be represented by expressions of a similar type [2, p. 16]:

$$\frac{V_i}{q_j} \text{BST} \frac{V_i}{q_j}, \quad (1)$$

where the first three characters characterize an event that may occur in the transport process:

$$\frac{V_i}{q_j} B, \quad (2)$$

and the second three characters demonstrate one of possible reactions of an operator:

$$ST \frac{V_i}{q_j}. \quad (3)$$

In general, these two triples indicate a certain logical operation suitable for managing the transport process at some stage of its development [1, p. 13].

Digital mathematical model allows to build a digital simulation model of the movement of transport objects, which can be used when predicting transport processes using neural networks.

**Objective.** The objective of the authors is to study a method to generate input data using simulation of digital models of an object, allowing to train neural network to predict transport processes.

**Methods.** The authors use mathematical methods, methods of digital modeling, digital simulation, neural network training, transport operations' data analysis.

### Results.

The inclusion of neural networks in forecasting requires data for their training. In the transport industry, such source datasets are not always available, or they may not exist at all.

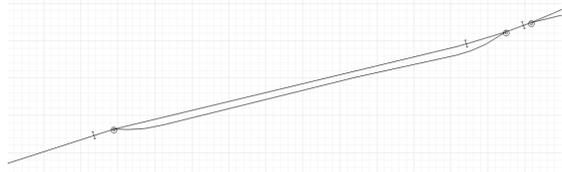
If a similar situation arises, it is possible to follow two ways:

- One of them implies either manual selection of parameters, which requires spending a lot of time, while the result is not guaranteed, either trying to get relevant data from an industry representative, which in turn is no less difficult and sometimes takes more time than the selection of parameters;
- The second way is construction of some simulation model, perhaps even a little idealized, but having theoretically calculated characteristics allowing to reproduce the process corresponding to reality.

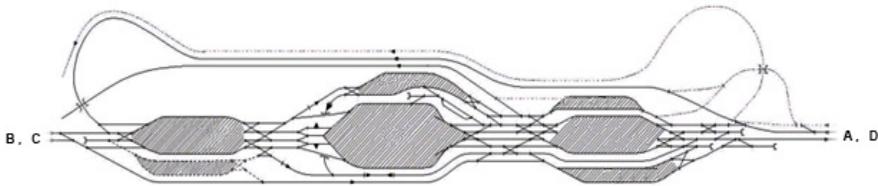
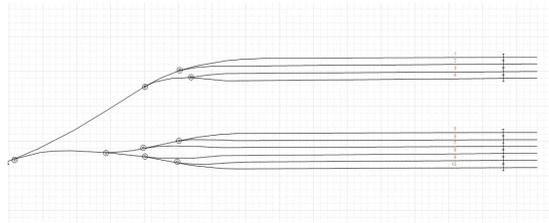
Using the simulation model, it is possible to analyze correctness of the choice of parameters, to more clearly examine the process, the results of which need to be predicted, and eventually to get the initial data sets for training the neural network, which in turn are no longer abstract, but very close



**Pic. 1. The area of the shunting hump, containing an access track and a track for overtaking the locomotive.**



**Pic. 2. Section of the shunting hump, containing a hump and tracks of formation of trains.**



**Pic. 3. Traffic directions within marshalling yard (the picture is retrieved from graduation project of V. R. Markova «Design of new marshalling yard with automated shunting hump and of node chart», Moscow, Russian University of Transport, 2017).**

**Table 1**

**Statistics of the work of the hump for section 1 (AD)**

Hours	AD				
	Number of trains per hour	Number of sorted wagons			
		Track 1	Track 2	Track 3	Track 4
1	2	3	4	5	6
1	2.2	38	32	27	35
2	2.2	30	27	39	35
3	2.3	39	29	32	35
4	2.2	38	41	30	25
5	2.2	39	27	37	29
6	2.1	32	34	33	25
7	2.1	27	31	26	42
8	2.1	35	24	37	32
9	2.2	37	36	28	31
10	2.4	32	35	39	39
11	2.2	28	30	45	30
12	2.2	28	25	40	41
13	2.3	27	28	43	41
14	2.1	38	26	34	27
15	2.2	42	37	31	23
16	2.5	40	38	35	37
17	2.0	28	29	32	31
1	2	3	4	5	6
18	2.4	30	27	44	40
19	2.2	31	34	33	31
20	2.3	40	27	35	33
21	2.5	36	39	38	36
22	2.3	40	41	22	32
23	2.3	25	43	34	38
24	2.2	34	40	27	29
TOTAL	53.5	814	780	821	797
		3212			

Table 2

## Statistics of the work of the hump for section 2 (BC)

Hours	BC					
	Number of trains per hour	Number of sorted wagons				
		Track 5	Track 6	Track 7	Track 8	Track 9
1	2	3	4	5	6	7
1	2.8	30	39	32	29	37
2	2.8	31	40	34	36	27
3	2.8	26	41	38	29	31
4	2.8	33	40	32	29	31
5	2.8	33	26	39	32	36
6	2.9	36	30	26	40	42
7	2.9	34	38	34	33	35
8	2.9	33	40	32	33	33
9	2.8	37	34	35	31	30
10	2.6	30	27	30	37	30
11	2.8	38	39	28	36	25
12	2.8	39	33	35	26	32
13	2.7	33	30	41	31	27
14	2.9	29	43	39	38	25
15	2.8	29	29	30	49	29
16	2.5	24	29	30	27	39
17	3.2	40	40	32	36	41
18	2.6	31	36	31	19	41
19	2.8	34	31	27	31	47
20	2.7	30	34	36	26	38
21	2.5	5	42	36	35	32
22	2.8	35	31	34	36	30
23	2.7	26	29	30	43	34
24	2.8	43	27	26	36	37
TOTAL	66.4	759	828	787	798	809
		3981				

Table 3

## Statistics of waiting time of trains in the reception area by each hour of work of the marshalling yard

Hours	Waiting time
1	15.06
2	12.04
3	12.00
4	12.04
5	12.08
6	12.08
7	12.00
8	12.04
9	12.04
10	12.04
11	12.04
12	12.04
13	11.96
14	12.04
15	12.04
16	12.04
17	11.65
18	12.04
19	12.04
20	12.04
21	12.04
22	11.96
23	11.92
24	12.04

to real ones. It takes much less time to build a simulation model than to select parameters. When predicting processes of the same type, it is possible to change or to adapt the simulation model for a specific task, that, on the one hand, will allow one to have additional control over the results, and on the other hand, one can compare the forecasting methods.

This approach is relevant for any transport industry: railway, road, sea or air transportation. Each mode of transport has its own specific organization of traffic, but with introduction of some limitations and assumptions in the digital mathematical model, it becomes applicable for forecasting operations of any mode of transport.

\*\*\*

Let's consider using the example of a simulation model of a shunting hump a possibility to generate input data for training a neural network [3, 4].

Let us take the structure of the developed simulation model of a standard shunting hump (Pic. 1) and the tracks of train formation (Pic. 2), created using the AnyLogic modeling software [3, 4]. Based on the task of generating data and analyzing the work of the marshalling yard, we can assume that a shunting hump is the key element that influences what data will be obtained at the output [5–13].

Let us suppose that for analysis using a neural network, we may need the following data:

- daily schedule of the marshalling yard;
- types of wagons most used and their characteristics;
- number of departure and reception tracks;
- curvature of the shunting hump;
- braking coefficient at braking points;
- number of operated locomotives;
- number of locomotive crews;
- weather conditions.



Such a list is minimal in order to make an approximate analysis of the work of the sorting node and to develop some forecast [5–15]. Even this initial information is not easy to be obtained in a convenient form due to the fact that the automated control system of the marshalling yard consists of many modules, and therefore the information is stored in different places and different formats. Part of the information, including the daily schedule, is compiled manually.

However, even having a minimum data set (car turnover, the number of locomotives used, the number of departure tracks, distribution of cars by directions), it is possible to build the required simulation model.

Tables 1–3 show what data can be obtained using a simulation model for a typical marshalling yard with one shunting hump. Data obtained with simulation model correspond to directions of traffic shown in the chart of marshaling yard (Plc. 3).

**Conclusion.** The combination of the considered examples confirms the validity of the proposed methodological approach to generation of source data for neural networks using simulation models of a real object. At the same time, the fundamental principle of theoretical construct is naturally a digital mathematical model, which makes it possible to obtain a simulation model of movement of transport objects. This model is reliable for forecasting transport processes and creating control algorithms for them.

## REFERENCES

1. Doenin, V. V. Adaptation of transport processes [Adaptatsiya transportnykh protsessov]. Moscow, Sputnik+ publ., 2009, 219 p.
2. Doenin, V. V. Modeling of transport processes and systems [Modelirovanie transportnykh protsessov i sistem]. Moscow, Sputnik+ publ., 2012, 288 p.
3. Katalovsky, D. Yu. Basics of simulation modeling and system analysis in management: Study guide [Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya i sistemnogo analiza v upravlenii: Ucheb. posobie]. 2<sup>nd</sup> ed., rev. and enl. Moscow, Delo publ., 2015, 496 p.
4. Kupriyashkin, A. G. Basics of system modeling: Study guide [Osnovy modelirovaniya sistem: Ucheb. posobie]. Norilsk, Norilsk industrial institute publ., 2015, 135 p.
5. Vakulenko, S. P., Golubev, P. V. Calculation of the throughput and processing capacity of the station [Raschet propusknoi i pererabatyvayushchei sposobnosti stantsii]. Moscow, MIIT publ., 2004, 108 p.
6. Koreshkov, A. N., Kiselev, A. N., Sapezhinski, F. N., Borodina, E. V., Panin, V. V. Organization of the work of the marshalling station [Organizatsiya raboty sortirovochnoi stantsii]. Moscow, MIIT publ., 2008, 88 p.
7. Maksimey, I. V., Sukach, E. I., Giruts, P. V., Erofeeva, E. A. Simulation modeling of the probability

characteristics of the railway network functioning [Imitatsionnoe modelirovanie veroyatnostnykh kharakteristik funktsionirovaniya zheleznodorozhnoi seti]. Matematicheskie mashiny i sistemy, 2008, Iss. 4, pp. 147–153.

8. Maksimey, I. V., Sukach, E. I., Giruts, P. V., Erofeeva, E. A. Automation of stages of development and operation of simulation models of transport systems [Avtomatizatsiya etapov razrabotki i ekspluatatsii imitatsionnykh modelei transportnykh sistem]. Problemy programirovaniya, 2008, Iss. 4, pp. 104–111.

9. Aleksandrov, A. E., Kovalev, I. A., Permikin, V. Yu. Modeling of transport systems: Study-method. guide [Modelirovanie transportnykh sistem: Ucheb.-metod. posobie]. Yekaterinburg, UrGUPS publ., 2011, 56 p.

10. Lychkina, N. N. Designing the logistics infrastructure of an interregional multimodal logistics center using simulation modeling [Proektirovanie logisticheskoi infrastruktury mezhregionalnogo multimodalnogo logisticheskogo tsentra s primeneniem imitatsionnogo modelirovaniya]. Logistika i upravlenie tsepyami postavok, 2014, Iss. 5, pp. 48–56.

11. Modern problems of the transport complex of Russia: Interuniversity collection of scientific works [Sovremennye problemy transportnogo kompleksa Rossii: Mezhdvuz. sb. nauch. trudov]. Ed. by A. N. Rakhmangulov. Magnitogorsk, MGТУ publ., 2011, 209 p.

12. The program of simulation modeling of the work of a port railway station with a probabilistic-statistical approach to changing the parameters of the incoming car flow. Certificate of state registration of computer programs No. 2014613827. Registered in the register of computer programs 08.04.2014. R. G. Korol, P. V. Danilenko [Programma imitatsionnogo modelirovaniya raboty priportovoi zheleznodorozhnoi stantsii s veroyatnostno-statisticheskimi podkhodom k izmeneniyu parametrov postupayushchego vagonopotoka. Svidetelstvo o gosudarstvennoi registratsii programmy dlya EVM No. 2014613827. Zaregistrir. v reestre program dlya EVM 08.04.2014. R. G. Korol, P. V. Danilenko].

13. Karasev, S. V., Sivitsky, D. A. Distribution of marshalling operations within a railway sector using dynamic programming [Raspreделение sortirovochnoi raboty na poligone metodom dinamicheskogo programmirovaniya]. In: Sovershenstvovanie tekhnologii perevozchnogo protsessa. Novosibirsk, 2015, pp. 94–99.

14. Sivitsky, D. A. Improvement of methods for calculating the parameters of marshalling devices for multi-group car selection. Ph.D. (Eng) thesis [Sovershenstvovanie metodov rascheta parametrov sortirovochnykh ustroystv dlya mnogogruppy podborki vagonov. Dis... kand. tekhn. nauk]. Novosibirsk, SGUPS publ., 2017, 191 p.

15. Osipov, D. V. Improvement of methods for calculating the parameters of the transshipment section of the hump yard. Ph.D. (Eng) thesis [Sovershenstvovanie metodov rascheta parametrov perevalochnoi chasti sortirovochnoi gorki. Dis... kand. tekhn. nauk]. Novosibirsk, SGUPS, 2017, 191 p. ●

Information about the authors:

**Gridin, Vladimir N.** – D.Sc. (Eng), professor, scientific director of Center for Information Technology in Design of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, info@ditc.ras.ru.

**Doenin, Viktor V.** – D.Sc. (Eng), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, vidovas@mail.ru.

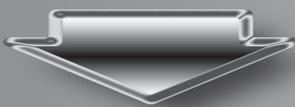
**Panishchev, Vladimir S.** – Ph.D. (Eng), senior researcher of Center for Information Technology in Design of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, +7(495) 596–02–19.

**Razzhivaykin, Igor S.** – assistant lecturer of Russian University of Transport, Moscow, Russia, razzhivaykin.igor.s@gmail.com.

Article received 18.01.2019, accepted 04.03.2019.

**This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project 17–20–01133 ofi\_m\_RZhD.**





### ИНФОРМАЦИОННАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ ТРАНСПОРТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОТРАСЛЕВОГО РАЗВИТИЯ

(Из доклада Министра транспорта России Е. И. Дитриха на итоговой коллегии министерства 3 апреля 2019 года)

Функционирующая более пяти лет Единая государственная информационная система обеспечения транспортной безопасности развернута во всех федеральных округах. К ней подключено более 8,5 тыс. перевозчиков и субъектов транспортной инфраструктуры всех видов транспорта из 137 стран. С её помощью обеспечены сбор и обработка более 5 млрд записей о пассажирах в целях предотвращения актов незаконного вмешательства на транспорте.

Продолжает успешно развиваться Государственная автоматизированная информационная система «ЭРА-ГЛОНАСС». Общее количество автомобилей, оснащённых устройствами системы, в прошлом году превысило отметку в 3 млн. Обработано более 2,5 млн экстренных вызовов, 32 тыс. из которых потребовали вызова экстренных оперативных служб.

Развитие отрасли сегодня невозможно представить без сквозных цифровых технологий, беспилотных транспортных средств и применения искусственного интеллекта.

Правительством России было поддержано предложение Минтранса о разработке ведомственного проекта по цифровизации транспорта и логистики, в рамках которого будет создано единое доверенное защищённое пространство на основе внедрения экосистемы цифровых платформ.

Реализация проекта позволит трансформировать рынок перевозок грузов и пассажиров, изменить

подходы к управлению инфраструктурой и обеспечению безопасности на транспорте, внедрить беспилотные технологии, обеспечить интеграцию с цифровым пространством стран ЕАЭС.

Работа по этим направлениям будет базироваться на передовых отечественных технологиях.

При этом «приватизация» и неправомерное блокирование данных о транспортном комплексе будут исключены. Всем заинтересованным участникам рынка будет гарантирован недискриминационный доступ к этим данным.

Для успешной реализации намеченных планов мы поддержали создание Ассоциации «Цифровой транспорт и логистика», которая должна стать центром компетенций по цифровой трансформации транспортного комплекса.

Участниками Ассоциации стали ОАО «РЖД», ПАО «Аэрофлот», ГК «Автотор» и другие ведущие компании – лидеры цифровой трансформации.

Первые результаты цифровой трансформации появятся в ближайшее время, а завершить переход своей деятельности на новый технологический уклад транспортный комплекс страны планирует к 2024 году.

По материалам Минтранса России

<https://www.mintrans.ru/press-center/news/9068> ●

### INFORMATION COMPONENT OF TRANSPORT SAFETY AND SECTORAL DEVELOPMENT

(extracts from the report of the Minister of Transport of Russia Evgeny Dietrich at the summarizing session of the Board of the Ministry of Transport of the Russian Federation on April 3, 2019)

The Integrated state information system for transport safety and security has been in operation for more than five years in all federal districts. More than 8,5 thousand of carriers and transport infrastructure operators representing all modes of transport from 137 countries are connected to it. It helps to collect and process more than 5 bln passenger records in order to prevent acts of illegal interference in transport operations.

The state automated information system «ERA-GLONASS» continues to develop successfully. The total number of vehicles equipped with system devices last year exceeded 3 mln. More than 2,5 million emergency calls were processed, 32 thousand of which demanded engagement of emergency services.

The development of the transport today is unimaginable without comprehensive digital technology, unmanned vehicles and the use of artificial intelligence.

The Government of Russia supported the proposal of the Ministry of Transport to develop a departmental project on digitalization of transportation and logistics, which will create a single trusted protected environment based on the introduction of the ecosystem of digital platforms.

Implementation of the project will allow to transform the market of cargo and passenger transportation, to change approaches to management of infrastructure and

maintenance of transport safety, to introduce unmanned technologies, to provide integration with digital environment of Eurasian Economic Union countries.

Work in those areas will be based on advanced domestic technologies.

Any «privatization» and illegal blocking of data on the transport complex will be excluded. All interested market participants will be guaranteed with non-discriminatory access to these data.

For successful implementation of those plans we supported the creation of the association «Digital Transport and Logistics», which should become the center of competences on digital transformation of the transport system. The association comprises members like JSC Russian Railways, public JSC Aeroflot, public company Avtorod and other leading companies which are the leaders of digital transformation.

We shall witness the first results of digital transformation in the nearest future, and we plan to finalize transition of the transport system to a new technological approach by 2024.

Compiled from the press release of the Ministry of Transport of Russia: <https://www.mintrans.ru/press-center/news/9068> ●



# О прогнозировании сроков навигации на основе цепей Маркова



Надежда ФИЛИППОВА  
Nadezhda A. FILIPPOVA

Вениамин БОГУМИЛ  
Veniamin N. BOGUMIL



Владимир БЕЛЯЕВ  
Vladimir M. BELYAEV

*Филиппова Надежда Анатольевна* – кандидат технических наук, доцент Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.  
*Богумил Вениамин Николаевич* – кандидат технических наук, доцент МАДИ, Москва, Россия.  
*Беляев Владимир Михайлович* – доктор технических наук, профессор МАДИ, Москва, Россия.

## On Forecasting Navigation Seasons with Markov Chains

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 22)

**Транспортная сеть в районах Севера России в основном остаётся сезонной (водные пути, автозимники). Продолжительность навигации на реках составляет в зависимости от природно-климатических условий 110–160 суток, а время эксплуатации автозимников колеблется в пределах 120–210 суток. В этих условиях весьма важную роль играет точность прогноза начала и окончания навигации на северных реках. В статье предложен метод прогнозирования сроков ледовых явлений в зонах судоходных путей сообщения на основе использования математического аппарата цепей Маркова. Дана оценка вероятности точного прогноза с учётом соответствия теореме Байеса и сопутствующих зависимостей.**

*Ключевые слова:* водный транспорт, северная речная навигация, математическая модель, цепи Маркова, теорема Байеса, перевозки грузов, прогноз, относительная вероятность событий.

**П**овышение температуры воздуха, происходящее в последние десятилетия в глобальном масштабе и на территории Российской Федерации, оказывает влияние на многие природные процессы, в том числе и на гидрологический режим рек [1]. Поскольку наиболее чувствительный к потеплению элемент – ледовый режим, то крайне важным становится выявление многолетних изменений продолжительности ледостава и толщины ледяного покрова. Эти исследования по понятным причинам имеют особое значение для районов Севера Российской Федерации. От изменения сроков начала и окончания ледостава, толщины льда зависит продолжительность действия автозимников, ледовых переправ, а также навигации на реках [2, с. 226]. В этих условиях большое значение имеет чёткая организация и контроль перевозок грузов и пассажиров с использованием современных средств спутниковой навигации и мобильной связи [6–9, 14–17].

## 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Объектом исследования является часть природной системы севера Российской Федерации, показатели состояния которой изменяются, и для описания их изменений предлагается использовать теорию Марковских процессов.

*Определение:* под системой в рассматриваемом нами случае будем понимать природную систему региона, в более узком смысле — природу водного бассейна с условиями, характеризующими ледовые явления на судоходной реке.

Необходимо ввести понятие состояния системы. Причём состояния, связанного с ледовыми явлениями на реке. Тогда рассматриваемая нами система может находиться в двух состояниях:

1) навигация — идёт процесс перевозки грузов и пассажиров;

2) отсутствие навигации — процесс перевозки грузов и пассажиров не осуществляется.

С этими двумя состояниями сопряжены два случайных события:

- начало навигации;
- окончание навигации.

С данными случайными событиями связаны так называемые ледовые явления на реке. Весной происходят следующие, интересующие нас природные события:

- начало весеннего ледохода;
- окончание весеннего ледохода.

Осенью происходят противоположные по характеру события:

- начало осеннего ледостава;
- окончание осеннего ледостава.

Поскольку каждой календарной дате года соответствует номер дня, который меняется от 1 до 365, мы можем сказать, что с указанными выше случайными событиями связаны случайные величины, соответственно:

- номер дня в году, когда началась навигация;
- номер дня в году, когда закончилась навигация.

Переход в новое состояние системы для весеннего периода приводит к формированию нового фактического номера дня начала навигации в новом сезоне.

Переход в новое состояние системы для осеннего периода приводит к фор-

мированию нового фактического номера дня окончания навигации в новом сезоне.

Метеорологические службы в течение десятилетий собирают статистику, касающуюся начала и окончания описанных природных явлений. Чтобы использовать имеющиеся статистические данные для прогнозирования сроков начала и окончания навигации, принимаем следующие допущения:

1. Начало навигации на судоходной реке региона совпадает с датой окончания ледовых явлений весной, которой соответствует фактический номер дня начала навигации.

2. Окончание навигации на судоходной реке региона совпадает с датой начала ледовых явлений осенью, которой соответствует фактический номер дня окончания навигации.

Принятые допущения подтверждаются анализом и сопоставлением данных фактических сроков навигации и указанных сроков ледовых явлений.

В результате для судоходной реки мы имеем две статистические последовательности случайных чисел, упорядоченных хронологически. Эти случайные числа являются номерами календарных дней, соответственно, начала и окончания навигации на судоходной реке, упорядоченных по годам.

Множество возможных значений случайной последовательности для весеннего периода — это всё множество возможных номеров дней начала навигации (совпадающих с множеством дат окончания весенних ледовых явлений) на судоходной реке системы.

Множество возможных значений случайной последовательности для осеннего периода — это всё множество возможных номеров дней окончания навигации (совпадающих с множеством дат начала осенних ледовых явлений) на судоходной реке системы.

Вывод: указанные две последовательности случайных чисел правомерно рассматривать в качестве реализации двух случайных процессов, результаты анализа которых могут быть использованы для формирования сроков начала и окончания навигации на судоходной реке.





## 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

Оценим возможность применения теории Марковских процессов к задаче прогнозирования начала навигации. В первую очередь отметим, что день начала навигации формируется один раз в году и в соответствии с принятым допущением совпадает с номером дня окончания ледовых явлений. Отсюда следует, что рассматриваемый процесс можно отнести к случайным процессам с фиксированным временем (сезоном) перехода из состояния в состояние. Множество возможных значений случайной величины также ограничено, поскольку номера дат перехода в ожидаемое состояние являются ограниченным множеством чисел.

Для использования теории Марковских процессов необходимо, чтобы вероятность перехода из одного состояния в другое зависела только от текущего состояния, в котором находится система, и не зависела от траектории, по которой система пришла в это состояние. Анализ имеющихся статистических данных по датам начала и окончания навигации на

северных реках показывает, что обозначенная гипотеза выполняется, и, следовательно, теория Марковских процессов применима.

## 3. ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Назовём упорядоченную в хронологическом порядке последовательность номеров дат открытия навигации случайным процессом «Начало навигации» и покажем, что его можно рассматривать как Марковскую цепь. Обозначим рассматриваемый нами Марковский процесс «Начало навигации» как  $U(t_i)$ , где  $t_i$  – номер дня, когда началась навигация в  $i$ -м году, т.е. нижний индекс переменной  $t$  будет принимать значение номера года, которому принадлежит значение случайной величины «номер дня». Например, для 1940 года состояние Марковского процесса будет обозначаться как  $U(t_{1940})$ .

Значением Марковского процесса будет номер дня, в который произошло открытие навигации (окончание ледовых событий) в соответствующем году. Допустим, по данным статистики окончание

ледовых событий пришлось на 20 мая. Номер дня 20 мая – «140». Тогда значение Марковского процесса в 1940 году определится как  $U(t_{1940}) = 140$ , а 21 мая получит значение номера дня «2» и т.д.

Рассматриваемый нами процесс представляет собой формирование упорядоченной совокупности случайных величин, значение которых зависит от фактической даты открытия навигации. Описанный процесс относится к случайным процессам с дискретным временем и дискретным конечным множеством состояний [3, 4].

Пусть в общем случае количество возможных состояний процесса  $U(t_i)$  равно  $n$ .

Переходы из одного состояния в другое могут происходить только в фиксированный момент времени. В нашем случае – это новый навигационный год, который имеет свой номер, отсчитываемый с начала новой эры: 1, 2, ...,  $k$ , ... Таким образом, мы получаем пошаговый процесс, в котором условный номер года – номер шага системы. Значение номера дня начала навигации обозначим в  $k$ -й навигационный год как  $S_k(i)$ .

В соответствии с принятым определением [3, с. 106], случайная последовательность называется Марковской цепью, если выполняются условия:

1. В любой момент времени  $t$  случайная последовательность принимает одно из возможных состояний  $S_1, S_2, \dots, S_n$ ,

2. Для каждого шага  $k = 1, 2, \dots$  события  $S_1(k), S_2(k), \dots, S_n(k)$  несовместны и образуют полную группу событий.

3. Для каждого шага вероятность перехода из любого состояния  $S_i$  в любое состояние  $S_j$  не зависит от того, когда и как система  $S$  оказалась в состоянии  $S_i$ .

Выполнение первого условия может быть обеспечено, если момент смены состояния введённого нами случайного процесса  $U(t_i)$  совместить с моментом начала навигации в каждом году. Тогда условие, заключающееся в том, что в любой момент времени  $t$  процесс может пребывать только в одном состоянии, выполняется. Второе условие также выполняется, поскольку события случайного процесса  $U(t_i)$   $i = 1, 2, 3, \dots$  по определению несовместны и образуют полную группу событий.

В качестве гипотезы (которую мы формулируем по результатам анализа имею-

щихся данных) предполагаем, что третье условие также выполняется.

Таким образом, случайный процесс  $U(t_i)$  «Начало навигации», заключающийся в случайном пошаговом изменении даты начала навигации, считаем Марковской цепью. Множество возможных значений Марковской цепи есть множество возможных номеров дат начала навигации.

Анализ имеющихся данных о начале навигации на северных реках показывает, что процесс можно рассматривать как однородный Марковский, в котором вероятность перехода в другое состояние зависит только от текущего состояния процесса, но не зависит от номера шага (в нашем случае от номера года) [3].

#### 4. ПОСТРОЕНИЕ МАТРИЦЫ ПЕРЕХОДНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ

Исходными данными для определения матрицы переходных вероятностей однородной Марковской цепи служит множество состояний  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , которые в нашем случае являют собой статистические данные о датах начала навигации на судоходной реке.

Использование условного номера дня вместо даты начала навигации обеспечивает возможность решения двух задач:

1. Построение матрицы переходных вероятностей.

2. Получение объективной оценки вероятности для состояния системы на следующем шаге, исходя из текущего её состояния.

Фактически вторая задача и является задачей формирования прогноза начала навигации в следующем году с использованием информации о дате навигации в текущем году и матрицы переходных вероятностей.

Матрица вероятностей переходов (переходных вероятностей) характеризует вероятности перехода процесса с текущим состоянием  $S_i$  в состояние  $S_j$  на следующем шаге. Это квадратная матрица (1) с количеством строк и столбцов, равных количеству возможных состояний. Каждая строка матрицы соответствует одному возможному состоянию. Каждый столбец – одному возможному состоянию перехода. Элемент матрицы  $p_{ij}$  соответ-



ствует вероятности перехода системы из состояния  $i$  в состояние  $j$ . Физический смысл вероятности  $p_{ij}$  означает вероятность начала навигационного периода в следующем календарном году в  $j$ -й день года, если в текущем году навигация началась в  $i$ -й день.

В общем случае Марковский процесс имеет  $n$  возможных состояний, количество которых в нашем случае зависит от количества дат, когда начиналась навигация на судоходной реке в регионе. Поскольку анализ показывает, что вероятности перехода не зависят от номера шага, рассматриваемый нами Марковский процесс является однородным. Таким образом, размерность матрицы будет  $n \cdot n$ .

Общий вид матрицы переходных вероятностей:

$$P = [p_{ij}] = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

На главной диагонали матрицы (1) стоят вероятности задержки системы в соответствующем состоянии. Так как на каждом шаге система может находиться только в одном из взаимоисключающих состояний, то для любой ненулевой строки матрицы сумма вероятностей  $p_{ij}$  будет равна единице:

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1, \quad (2)$$

где  $p_{ij}$  – вероятность перехода системы из состояния  $i$  в состояние  $j$  на любом шаге.

В соответствии с обозначенным теоретическим подходом [3, 4] прогноз состояния системы оценивается вероятностями возможных состояний системы на следующем  $(k + 1)$  шаге, при известном состоянии системы на  $k$ -м шаге с использованием модели однородной Марковской цепи. Прогноз может быть рассчитан следующим образом.

Пусть текущее состояние системы равно  $S_i$ . Тогда  $i$ -я строка матрицы переходных вероятностей  $p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}$  показывает условные вероятности наступления состояния  $S_1, S_1, \dots, S_n$  на следующем шаге, если текущее состояние  $S_i$ .

В нашем случае трактовка этих событий такова. Состояние  $S_i$  – это номер дня в текущем году, когда началась навигация.

Переходные вероятности  $p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}$  – вероятности того, что в следующем году навигация начнется в день с номером  $S_1, S_2, \dots, S_n$  соответственно.

## 5. ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ТОЧНОГО ПРОГНОЗА

Такого рода оценка имеет своё значение с точки зрения эффективности самого метода. Для её получения необходимо ввести понятие точного прогноза. Опираясь на уже апробированные зависимости и предположения:

1. Прогноз с использованием аппарата однородных Марковских цепей строится в текущем году для следующего года после начала навигации в текущем году, т.е. после получения информации о фактической дате начала навигации.

2. Будем считать прогноз точным, если фактическая дата начала навигации в следующем году не будет отличаться от прогнозируемой даты более чем на один день.

Пусть система в текущем году находится в состоянии  $S_j$ , которое соответствует фактической дате начала навигации в текущем году. Выберем некоторое состояние  $S_j$  (оно является датой начала навигации) в качестве прогноза начала навигации в следующем году, исходя из того, что суммарная относительная вероятность перехода из текущего состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$  или в соседние состояния  $S_{j-1}$  и  $S_{j+1}$  является максимальной. Обозначим состояния перехода для каждого текущего  $i$ -го состояния как  $S_{j_{\max}}, S_{j_{\max-1}}, S_{j_{\max+1}}$ , а вероятность точного прогноза как  $p(F_{\text{exec}})$ . Тогда, в соответствии теоремой Байеса [5, с. 42], абсолютная вероятность точного прогноза определится следующим образом:

$$p(F_{\text{exec}}) = \sum_{i=1}^n p(S_i) [p(S_{j_{\max-1}}) + p(S_{j_{\max}}) + p(S_{j_{\max+1}})], \quad (3)$$

где  $p(S_i)$  – абсолютная вероятность события  $S_i$ ;  $p(S_{j_{\max}}), p(S_{j_{\max-1}}), p(S_{j_{\max+1}})$  – относительные вероятности наступления событий (последовательных дат начала навигации в следующем сезоне) с максимальной суммарной относительной вероятностью.

3. Будем считать точность прогноза удовлетворительной, если фактическая дата начала навигации в следующем году

не будет отличаться от прогнозируемой даты более чем на три дня.

Тогда, в соответствии с теоремой Байеса [5], абсолютная вероятность приемлемого прогноза определяется следующим образом:

$$p(F_{exec}) = \sum_{i=1}^n \frac{p(S_i | p(S_{j_{max-i}})) + p(S_{j_{max-i}})}{p(S_{j_{max-1}}) + p(S_{j_{max}}) + p(S_{j_{max+1}}) + p(S_{j_{max+2}}) + p(S_{j_{max+3}})}, \quad (4)$$

где  $p(S_i)$  – абсолютная вероятность события  $S_i$ ;  $p(S_{j_{max-1}})$ ,  $p(S_{j_{max-2}})$ ,  $p(S_{j_{max-3}})$ ,  $p(S_{j_{max+1}})$ ,  $p(S_{j_{max+2}})$ ,  $p(S_{j_{max+3}})$  – относительные вероятности наступления событий (группы последовательных дат начала навигации в следующем сезоне) с максимальной суммарной относительной вероятностью.

4. Будем считать точность прогноза неудовлетворительной, если фактическая дата начала навигации в следующем году будет отличаться от прогнозируемой даты более чем на три дня.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование теории Марковских случайных процессов позволяет сформировать научно обоснованный прогноз начала речной навигации на Севере РФ в следующем году задолго до возобновления грузового и пассажирского судоходства. Аналогичный подход может быть применён для прогнозирования сроков завершения навигации. Это помогает исключить материальные потери, связанные с неопределённостью периода эксплуатации водных путей в зоне экстремальных природно-климатических условий [11–13]. Проверка метода на реальных данных показала, что точность прогноза и вероятность его осуществления достаточны для эффективной организации и проведения подготовительных работ перед началом очередной навигации на северной судоходной реке.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Власов В. М., Ефименко Д. Б., Жанказиев С. В. Использование ГИС в технологии диспетчерского управления маршрутизированным транспортом. – М.: МАДИ, 2007. – 72 с.
2. Обязов В. А., Смахин В. К. Ледовый режим рек Забайкалья в условиях изменяющегося климата // Водные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 227–234.

3. Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Теория случайных процессов и её инженерные приложения. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 2000. – 383 с.

4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: Учебник. – 4-е изд., стереотип. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

5. Гнеденко Б. В., Хинчин А. Я. Элементарное введение в теорию вероятностей. – 2-е изд. – М.: Наука, 1970. – 169 с.

6. Власов В. М., Ефименко Д. Б. Координатно-временное и навигационное обеспечение (КВНО) как единая информационная основа автоматизации базовых технологий на транспорте // Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение: Сб. докладов 2-й Всероссийской конференции. – СПб.: ИПА РАН, 2007. [Электронный ресурс]: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003374619>. Доступ 14.02.2019.

7. Власов В. М., Ефименко Д. Б., Богумил В. Н. Информационные технологии на автомобильном транспорте: Учебник для студ. учреждений высш. образования. – М.: Академия, 2014. – 256 с.

8. Власов В. М., Богумил В. Н., Ефименко Д. Б. Применение цифровой инфраструктуры и телематических систем на городском пассажирском транспорте: Учебник. – М.: Инфра-М, 2018. – 352 с.

9. Власов В. М., Мактас Б. Я., Богумил В. Н., Конин И. В. Беспроводные технологии на автомобильном транспорте. Глобальная навигация и определение местоположения транспортных средств: Учеб. пособие. – М.: Инфра-М, 2017. – 184 с.

10. Филиппова Н. А., Беляев В. М. Анализ процесса управления северным завозом в современных рыночных условиях // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2010. – № 9. – С. 17–20.

11. Филиппова Н. А., Беляев В. М. Адаптивная математическая модель для оптимизации завоза грузов в условиях Севера // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2013. – № 11. – С. 17–20.

12. Филиппова Н. А. Методология организации и функционирования систем доставки грузов в северные регионы: Монография. – М.: Техполиграфцентр, 2015. – 208 с.

13. Беляев В. М., Филиппова Н. А. Основы организации транспортной системы северных регионов // Мир транспорта. – 2017. – № 1. – С. 162–167.

14. Efimenko D. B., Maksimychev O. I., Ostroukh A. V., Zbavitel P. Yu., Ivakhnenko A. M., Karelina M. Y. Technology of Monitoring and Control Algorithm Design for Earth-Moving Machine. *International Journal of Applied Engineering Research*. – 2016. – Vol. 11. – Iss. 9. – pp. 6430–6434.

15. Efimenko D., Ostroukh A., Nuruev Ya., Zhankaziev S., Moroz D. Automated dispatching control system of the mobile concrete batching plants. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences*. – Vol. 11. – Iss. 11. – June 2016. – pp. 6733–6737.

16. Bogumil V., Efimenko D. Urban Transport Dispatch Control System Helps to Increase Intelligent Transport Systems Effectiveness. *Proceedings of the 11th European transport congress*. – Prague. – September 19–20, 2013. – pp. 20–25.

17. Bhourri N., Balbo F., Pinson S. An agent-based computational approach for urban traffic regulation. *Progress in Artificial Intelligence*. – 2012. – pp. 139–147. – DOI: 10.1007/s13748-012-0011-0. ●

Координаты авторов: **Филиппова Н. А.** – madizp@mail.ru, **Богумил В. Н.** – v\_bogumil@mail.ru, **Беляев В. М.** – belyaev-v@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.11.2018, принята к публикации 05.02.2019.





## ON FORECASTING NAVIGATION SEASONS WITH MARKOV CHAINS

**Filippova, Nadezhda A.**, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

**Bogumil, Veniamin N.**, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

**Belyaev, Vladimir M.**, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The transport network in the regions of the North of the Russian Federation basically remains seasonal (waterways, winter roads). The duration of river shipping season, depending on the climatic conditions, is 110–160 days, and the time of operation of winter roads varies within 120–210 days. Under these conditions, the accuracy of predicting the beginning and end of shipping season for the northern rivers plays a very important role. The article

proposes a method for forecasting the duration of ice phenomena in the areas of shipping routes based on the use of the mathematical apparatus of Markov chains. An estimate of probability of an accurate forecast is given, taking into account the conformity with Bayes theorem and related dependencies. Verification of the method on the basis of real data proved that the forecast accuracy and probability of its implementation were sufficient for timely and effective organisation of preparatory operations for next shipping season on northern navigable rivers.

*Keywords:* northern river shipping, mathematical model, Markov chains, Bayes theorem, transport, cargo transportation, forecast, relative probability of events.

**Background.** The increase in air temperature occurring in recent decades on a global scale and in the territory of the Russian Federation has an impact on many natural processes, including the hydrological regime of rivers [1]. Since ice regime is the element, which is the most sensitive to warming, it becomes extremely important to identify long-term changes in the duration of freeze-up and in thickness of the ice cover. For obvious reasons, these studies are of particular importance in the conditions of the regions of the North of the Russian Federation. The changes in the timing of the beginning and end of freezing of rivers, thickness of ice influence the duration of operation of winter roads, ice crossings, as well as of river shipping season [2, p. 226]. Under these conditions, it is important to clearly organize and control transportation of goods and passengers using modern satellite navigation and mobile communications [6–9, 14–17].

**Objective.** The objective of the authors is to forecast shipping seasons for northern rivers using Markov chains.

**Methods.** The authors use mathematical methods, theory of Markov random processes, methods of homogeneous Markov chains, data and statistics analysis, probability theory, Bayes theorem.

### Results.

#### 1. Statement of the task

The object of the research comprises a part of the natural system of the North of the Russian Federation, the indicators of which state change and to describe whose conditions are characterized by changing indicators, and it is suggested to describe the changes there-of with the help of Markov process theory.

*Definition:* in our case, the system will be understood as the natural system of the region, in a narrower sense as the nature of the water basin with conditions that characterize ice phenomena on the navigable river.

It is necessary to introduce the concept of the state of the system, particularly of the state associated with ice phenomena on the river. Then the system considered by us can get two states:

- 1) navigation – there is a process of transportation of goods and passengers;
- 2) lack of navigation – the process of transportation of goods and passengers is not carried out.

These two states involve two random events:

- beginning of navigation;
- end of navigation.

So-called ice phenomena on the river are associated with these random events. In spring, the following natural events of interest occur:

- beginning of the spring ice drift;
- end of the spring ice drift.

In the autumn, events of opposite nature occur:

- beginning of the autumn freeze-up;
- end of the autumn freeze-up.

Since each calendar date of the year corresponds to a day number, which varies from 1 to 365, we can say that random variables are associated with the above random events, respectively:

- the number of the day in the year when navigation began;
- the number of the day in the year when navigation ended.

The transition to the new state of the system for the spring period leads to formation of a new actual number of the day of beginning of navigation in the new season.

Transition to the new state of the system for the autumn period leads to formation of a new actual number of the end date for navigation in the new season.

Meteorological services have been collecting statistics for decades on beginning and end of the described natural phenomena. To use the available statistical data to forecast the timing of beginning and end of navigation, we make the following assumptions:

1. The beginning of navigation on the navigable river of the region coincides with the date of the end of ice phenomena in spring, which corresponds to the actual number of the day of the beginning of navigation.

2. The end of navigation on the navigable river of the region coincides with the date of the beginning of ice phenomena in the autumn, which corresponds to the actual number of the day of the end of navigation.

The accepted assumptions are confirmed by the analysis and comparison of the data of actual navigation periods and the specified periods of ice phenomena.

As a result, for the navigable river we have two statistical sequences of random numbers arranged chronologically. These random numbers are numbers





of calendar days, respectively, of beginning and end of navigation on the navigable river, arranged by years.

The set of possible values of the random sequence for the spring period is the whole set of possible numbers of the days of the beginning of navigation (coinciding with the set of dates for the end of spring ice phenomena) on the navigable river of the system.

The set of possible values of a random sequence for the autumn period is the whole set of possible numbers of the days of the end of navigation (coinciding with the set dates of the beginning of the autumn ice phenomena) on the navigable river of the system.

**Conclusion:** these two sequences of random numbers can legitimately be regarded as implementation of two random processes, the results of the analysis of which can be used to predict the beginning and end dates of navigation on the navigable river.

## 2. Using the theory of Markov processes

Let us evaluate the possibility of applying the theory of Markov processes to the problem of forecasting the beginning of navigation. First of all, we note that the day of beginning of navigation is formed once a year and, in accordance with the accepted assumption, coincides with the number of the day of the end of ice phenomena. It follows that the process under consideration can be attributed to random processes with a fixed time (season) for transition from state to state. The set of possible values of a random variable is also limited, since the numbers of dates of transition to the expected state are within a limited set of numbers.

To use the theory of Markov processes, it is necessary that the probability of transition from one state to another should depend only on the current state in which the system is located, and should not depend on the trajectory along which the system came to this state. An analysis of the available statistical data on the dates of the beginning and end of navigation on the northern rivers shows that the indicated hypothesis is being fulfilled, and, therefore, the Markov process theory is applicable.

## 3. Description of the forecasting task

Let's call the sequence of numbers of dates of opening of navigation arranged in chronological order as the random process «Beginning of navigation» and show that it can be considered as a Markov chain. We denote the Markov process «Beginning of navigation»

considered by us as  $U(t_i)$ , where  $t_i$  is the number of the day when navigation began in the  $i$ -th year, i.e. the subscript of the variable  $t$  will take the value of the number of the year to which the value of the random number «day number» belongs. For example, for the year 1940, the state of the Markov process will be denoted as  $U(t_{1940})$ .

The value of the Markov process will be the number of the day on which opening of navigation occurred (the end of ice events) in the corresponding year. Let's suppose, according to statistics, that the end of the ice events fell on May 20. The number of the day of May 20 is «140». Then the value of the Markov process in 1940 will be determined as  $U(t_{1940}) = 140$ , and in that case the day of May 21 the value of the Markov process will receive the value of the day number «2», etc.

The process we are considering is development of an ordered set of random variables, the value of which depends on the actual date of opening of navigation. The described process refers to random processes with discrete time and a discrete finite set of states [3, 4].

Let in the general case the number of possible states of the process  $U(t_i)$  be  $n$ .

Transitions from one state to another can occur only at a fixed point in time. In our case, this is a new navigation year, which has its own number, counted from the beginning of the new era:  $1, 2, \dots, k, \dots$ . Thus, we get a step-by-step process in which the conditional year number is the system step number. The number of the day of the beginning of navigation is denoted in the  $k$ -th navigation year as  $S_k(i)$ .

In accordance with the accepted definition [3, p. 106], a random sequence is called a Markov chain if the conditions are met:

1. At any time  $t$ , a random sequence takes one of possible states  $S_1, S_2, \dots, S_n$ .
2. For each step  $k = 1, 2, \dots$  the events  $S_1(k), S_2(k), \dots, S_n(k)$  are inconsistent and form a complete group of events.
3. For each step, the probability of transition from any state  $S_i$  to any state  $S_j$  does not depend on when and how the system  $S$  was in the state of  $S_i$ .

The fulfillment of the first condition can be ensured if the moment of the change in the state of the random process  $U(t)$  introduced by us is superposed with the moment of beginning of navigation in each year. Then the condition that at any moment of time  $t$  the process



can remain in only one state is satisfied. The second condition is also satisfied, since the events of the random process  $U(t)$   $i = 1, 2, 3, \dots$ , are by definition inconsistent and form a complete group of events.

As a hypothesis (which we formulate from the analysis of available data) we assume that the third condition is also satisfied.

Thus, the random process  $U(t)$  «Beginning of navigation», consisting in a random step-by-step change of the date of beginning of navigation, is considered to be a Markov chain. The set of possible values of the Markov chain is the set of possible numbers of dates of beginning of navigation.

Analysis of available data on beginning of navigation on the northern rivers shows that the process can be viewed as a homogeneous Markov one, in which the probability of transition to another state depends only on the current state of the process, but does not depend on the step number (in our case, on the year number) [3].

**4. Building a matrix of transition probabilities**

The baseline data for determining the transition probabilities matrix of a homogeneous Markov chain is the set of states  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , which in our case are statistical data on the starting dates of navigation on the navigable river.

Using the conditional number of the day instead of the beginning date of navigation provides the possibility to solve two problems:

1. Building a matrix of transition probabilities.
2. Obtaining an objective estimate of the probability for the state of the system in the next step based on its current state.

In fact, the second task is the task of generating a forecast for beginning of next year shipping season using information on the date of navigation in the current year and the matrix of transition probabilities.

The transition probability matrix (transition probabilities) characterizes the transition probabilities of the process with the current state  $S_i$  to the state  $S_j$  in the next step. This is a square matrix (1) with the number of rows and columns equal to the number of possible states. Each row of the matrix corresponds to one possible state. Each column is one possible transition state. The element of the matrix  $p_{ij}$  corresponds to the probability of transition of the system from state  $i$  to state  $j$ . The physical meaning of the probability  $p_{ij}$  means the probability of the beginning of the navigation period in the next calendar year on the  $j$ -th day of the year, if in the current year the navigation began on the  $i$ -th day.

In general, the Markov process has  $n$  possible states, the number of which in our case depends on the number of dates when navigation began in the navigable river in the region. Since the analysis shows that the transition probabilities do not depend on the step number, the Markov process, that we consider, is homogeneous. Thus, the dimension of the matrix will be  $n \cdot n$ .

General view of the matrix of transition probabilities:

$$P = [p_{ij}] = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

On the main diagonal of the matrix (1) there are the probabilities that the system remains in the

corresponding state. Since at each step the system can only be in one of the mutually exclusive states, for any non-zero row of the matrix, the sum of the probabilities  $p_{ij}$  will be equal to one:

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1, \quad (2)$$

where  $p_{ij}$  – probability of transition of the system from state  $i$  to state  $j$  at any step.

In accordance with the designated theoretical approach [3, 4], the forecast of the state of the system is estimated by the probabilities of possible states of the system at the next  $(k + 1)$  step, with a known state of the system at the  $k$ -th step represented by the homogeneous Markov chain model. The forecast can be calculated as follows.

Let the current state of the system be  $S_i$ . Then the  $i$ -th row of the matrix of transition probabilities  $p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}$  shows the conditional probabilities of the onset of the state  $S_1, S_2, \dots, S_n$  in the next step, if the current state is  $S_i$ .

In our case, the interpretation of these events is as follows. The state of  $S_i$  is the number of the day in the current year when navigation began. The transition probabilities  $p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in}$  are the probabilities that next shipping season will start on the day with the number  $S_1, S_2, \dots, S_n$  respectively.

**5. Estimation of the probability of an accurate forecast**

This kind of estimation has its meaning in terms of effectiveness of the method itself. To obtain it, it is necessary to enter the concept of an accurate forecast. Based on the already tested dependencies and assumptions:

1. The forecast using the apparatus of homogeneous Markov chains is constructed in the current year for the next year after beginning of navigation in the current year, i.e. after receiving information about the actual date of beginning of navigation.

2. We will consider the forecast accurate if the actual date of beginning of navigation in the next year will not differ from the forecast date by more than one day.

Let the system in the current year be in state  $S_i$ , which corresponds to the actual date of beginning of navigation in the current year. Let's choose some state  $S_j$  (it is the date of beginning of navigation) as a forecast of beginning of navigation next year, assuming that the total relative probability of transition from the current state  $S_i$  to state  $S_j$  or to neighboring states  $S_{j-1}$  and  $S_{j+1}$  is maximum. Let's denote the transition states for each current  $i$ -th state as  $S_{ijmax}, S_{ijmax-1}, S_{ijmax+1}$ , and the probability of an accurate forecast as  $p(F_{exec})$ . Then, in accordance with the Bayes theorem [5, p. 42], the absolute probability of an accurate forecast is determined as follows:

$$p(F_{exec}) = \sum_{i=1}^n p(S_i) [p(S_{ijmax-1}) + p(S_{ijmax}) + p(S_{ijmax+1})], \quad (3)$$

where  $p(S_i)$  – absolute probability of the event  $S_i$ ;  $p(S_{ijmax}), p(S_{ijmax-1}), p(S_{ijmax+1})$  – relative probabilities of occurrence of events (consecutive dates of beginning of navigation in the next season) with the maximum total relative probability.

3. We will consider the forecast accuracy to be satisfactory if the actual date of beginning of navigation in the next year will not differ from the forecast date by more than three days.

Then, in accordance with the Bayes theorem [5], the absolute probability of an acceptable forecast is determined as follows:

$$p(F_{exec}) = \sum_{i=1}^n \frac{p(S_i)(p(S_{j_{max-1}}) + p(S_{j_{max-2}}) + p(S_{j_{max-3}}) + p(S_{j_{max}}) + p(S_{j_{max+1}}) + p(S_{j_{max+2}}) + p(S_{j_{max+3}}))}{p(S_{j_{max-1}}) + p(S_{j_{max-2}}) + p(S_{j_{max-3}})} \quad (4)$$

where  $p(S_i)$  – absolute probability of the event  $S_i$ ;  $p(S_{j_{max}})$ ,  $p(S_{j_{max-1}})$ ,  $p(S_{j_{max-2}})$ ,  $p(S_{j_{max-3}})$ ,  $p(S_{j_{max+1}})$ ,  $p(S_{j_{max+2}})$ ,  $p(S_{j_{max+3}})$  – relative probabilities of occurrence of events (groups of consecutive dates of beginning of navigation in the next season) with the maximum total relative probability.

4. We will consider the accuracy of the forecast unsatisfactory if the actual date of beginning of navigation in the next year will differ from the forecast date by more than three days.

**Conclusion.** The use of the Markov random processes theory makes it possible to develop a scientifically based forecast of the start of next river shipping season in the north of the Russian Federation long before resumption of cargo and passenger shipping. A similar approach can be applied to forecast the timing of completion of navigation. This helps to eliminate material losses associated with uncertainty of the period of operation of waterways in the zone of extreme climatic conditions [11–13]. Testing the method on real data showed that the forecast accuracy and the probability of its implementation are sufficient for effective organization and conduct of preparatory work before the next navigation on the northern navigable river.

## REFERENCES

- Vlasov, V. M., Efimenko, D. B., Zhankaziev, S. V. Use of GIS in dispatching technology of routed transport [*Ispolzovanie GIS v tekhnologii dispetcherskogo upravleniya marshrutizirovannym transportom*]. Moscow, MADI, 2007, 72 p.
- Obyazov, V. A., Smakhtin, V. K. The ice regime of the Transbaikal rivers under the conditions of a changing climate [*Ledoviy rezhim rek Zabaikalya v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata*]. *Vodnie resursy*, 2014, Iss. 3, pp. 227–234.
- Ventzel, E. S., Ovcharov, L. A. The theory of random processes and its engineering applications [*Teoriya sluchainykh protsessov i ee inzhenernie prilozheniya*]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, Vysshaya shkola publ., 2000, 383 p.
- Ventzel, E. S., Theory of Probability: Textbook [*Teoriya veroyatnosti: Uchebnik*]. 4<sup>th</sup> ed., stereotypical. Moscow, Nauka publ., 1969, 576 p.
- Gnedenko, B. V., Khinchin, A. Ya. An elementary introduction to probability theory [*Elementarnoe vvedenie v teoriyu veroyatnostei*]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, Nauka publ., 1970, 169 p.
- Vlasov, V. M., Efimenko, D. B. Coordinate-temporal and navigational support (KVNO) as a unified information basis for automation of basic technologies in transport [*Koordinatno-vremennoe I navigatsionnoe obespechenie (KVNO) kak edinaya informatsionnaya osnova avtomatizatsii bazovyykh tekhnologii na transporte*]. *Fundamental and applied coordinate-temporal and navigational support: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> All-Russian Conference*. St. Petersburg, IPA RAS, 2007. [Electronic

resource]: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003374619>. Last accessed 14.02.2019.

7. Vlasov, V. M., Efimenko, D. B., Bogumil, V. N. Information technologies for automobile transport: A textbook for students of higher education institutions [*Informatsionnie tekhnologii na avtomobilnom transporte: Uchebnik dlya studentov uchrezhdenii vysshego obrazovaniya*]. Moscow, Academia publ., 2014, 256 p.

8. Vlasov, V. M., Bogumil, V. N., Efimenko, D. B. Use of digital infrastructure and telematic systems in urban passenger transport: Textbook [*Primenenie tsifrovoy infrastruktury i telematicheskikh sistem na gorodskom passazhirskom transporte: Uchebnik*]. Moscow, Infra-M publ., 2018, 352 p.

9. Vlasov, V. M., Maktas, B. Ya., Bogumil, V. N., Konin, I. V. Wireless technologies in road transport. Global navigation and vehicle positioning: Study guide [*Besprovodnie tekhnologii na avtomobilnom transporte. Globalnaya navigatsiya i opredelenie mestopolozheniya transportnykh sredstv: Ucheb. posobie*]. Moscow, Infra-M publ., 2017, 184 p.

10. Filippova, N. A., Belyaev, V. M. Analysis of the process of managing the mass delivery to Northern regions in modern market conditions [*Analiz protsessa upravleniya severnym zavozom v sovremennykh rynochnykh usloviyakh*]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaistvo*, 2010, Iss. 9, pp. 17–20.

11. Filippova, N. A., Belyaev, V. M. Adaptive mathematical model for optimizing the delivery of goods in the conditions of the North [*Adaptivnaya matematicheskaya model dlya optimizatsii zavoza gruzov v usloviyakh Severa*]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaistvo*, 2013, Iss. 11, pp. 17–20.

12. Filippova, N. A. Methodology of organization and functioning of the systems of cargo delivery to the northern regions: Monograph [*Metodologiya organizatsii i funktsionirovaniya sistem dostavki gruzov v severnye regiony: Monografiya*]. Moscow, Tekhpolograftsentr, 2015, 208 p.

13. Belyaev, V. M., Filippova, N. A. Fundamentals of Transport System Organization in Northern Regions. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 1, pp. 162–167.

14. Efimenko, D. B., Maksimychev, O. I., Ostroukh, A. V., Zbavitel, P. Yu., Ivakhnenko, A. M., Karelina, M. Y. Technology of Monitoring and Control Algorithm Design for Earth-Moving Machine. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2016, Vol. 11, Iss. 9, pp. 6430–6434.

15. Efimenko, D., Ostroukh, A., Nuruev, Ya., Zhankaziev, S., Moroz, D. Automated dispatching control system of the mobile concrete batching plants. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 11, Iss. 11, June 2016, pp. 6733–6737.

16. Bogumil, V., Efimenko, D. Urban Transport Dispatch Control System Helps to Increase Intelligent Transport Systems Effectiveness. In: *Proceedings of the 11<sup>th</sup> European transport congress*, Prague, September 19–20, 2013, pp. 20–25.

17. Bhourri, N., Balbo, F., Pinson, S. An agent-based computational approach for urban traffic regulation. *Progress in Artificial Intelligence*, 2012, pp. 139–147, DOI: 10.1007/s13748–012–0011–0. ●

Information about the authors:

**Filippova, Nadezhda A.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, madizp@mail.ru.

**Bogumil, Veniamin N.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, v\_bogumil@mail.ru.

**Belyaev, Vladimir M.** – D.Sc. (Eng), professor of the department of management of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, belyaev-v@mail.ru.

Article received 06.11.2018, accepted 05.02.2019.



# Оптимальное обслуживание дискретных объектов на плоскости, в пространстве и заданных границах сферы



Анатолий ГУСЕВ  
Anatoly I. GUSEV

Сергей ГУСЕВ  
Sergey A. GUSEV



Александр МИЛЕВСКИЙ  
Alexander S. MILEVSKY

*Гусев Анатолий Иванович* – кандидат физико-математических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.

*Гусев Сергей Анатольевич* – экономист строительной компании «Самолёт Девелопмент», Москва, Россия.

*Милевский Александр Станиславович* – кандидат физико-математических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.

## Optimal Maintenance of Discrete Objects on the Plane, in Space and in Given Boundaries of the Sphere

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 36)

**Авторами статьи моделируется математическое решение задач, связанных с оптимальным распределением и обслуживанием дискретных объектов, принадлежащих, в том числе и транспортной среде. Рассмотрены варианты размещения от одного до десяти пунктов, которым предназначено находиться в пространстве, на прямой или плоскости, в границах сферы определённого радиуса.**

Ключевые слова: транспорт, математическая модель, закон распределения, задача Вебера, задача Ферма, дискретные объекты, оптимальное размещение, плоскость, пространство, прямая, сфера.

Оптимальное размещение транспортных объектов входит в число задач, решение которых имеет ключевое значение для минимизации последующих затрат, связанных с предоставлением транспортных услуг. Нами предлагается ряд моделей математического решения этой задачи применительно к различным условиям. Сама задача предполагает  $n$  упорядоченных объектов  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . Требуется найти места размещения для  $p$ -пунктов обслуживания  $C_1, C_2, \dots, C_p$  так, чтобы минимизировать суммарные затраты на предстоящее в них обслуживание. Предполагается, что каждый объект привязывается к одному пункту, а каждый пункт потенциально может обслужить любое количество клиентов.

Существует много постановок аналогичных задач, в том числе для случаев, когда выбор места размещения пунктов ограничен заданным заранее множеством точек, например, вершинами графа. Такая задача, поставленная на графе общего вида (о нахождении так называемой  $p$ -медианы

графа<sup>1)</sup>), как известно, относится к классу NP-полных [1, с. 193–195]. Каждый пункт обслуживает целый кластер объектов, и сложность решения связана с быстрым ростом количества вариантов разбиения на кластеры. При внесении ограничений на эти варианты удаётся разработать эффективные алгоритмы. Так, например, в [2, с. 60–62] предложен  $O(pn^2)$  – алгоритм для случая, когда граф является деревом. В [3] рассматривается случай, когда размещение пунктов ограничено некоторой линией в трёхмерном пространстве. В [4–7] исследуются задачи об оптимальном расположении магистралей, оптимальном распределении средств между программами обеспечения безопасности движения на транспорте, оптимальном размещении социальных объектов при нормальном и равномерном их распределении.

Здесь мы предположим, что каждый кластер, обслуживаемый данным пунктом, представляет собой «непрерывный» участок объектов, то есть, если  $C_i$  обслуживает  $A_1$  и  $A_3$ , то он обслуживает и все объекты между ними –  $A_2$ ,  $A_3$ ,  $A_4$ . Таким образом, требуется оптимально разбить множество объектов обслуживания на  $p$ -«непрерывных» участков, и для каждого участка найти оптимальное расположение искомым пунктов.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть  $i_1, i_2, \dots, i_p$  – индексы для разбиения списка объектов обслуживания на зоны, т.е.  $A_1, \dots, A_{i_1}$  – первая зона обслуживания, которая обслуживается пунктом  $C_1$ , зона  $A_{i_1+1}, \dots, A_{i_2}$  – пунктом  $C_2$  и т.д. Пусть  $d_{ij}$  – расстояния от объекта  $A_i$  до пункта  $C_j$ , а  $m_1, \dots, m_n$  – «веса» объектов обслуживания. Тогда затраты, связанные с пунктом  $C_j$ , равны:

$$F_j = \sum_{i=i_{j-1}+1}^{i_j} m_i d_{ij}.$$

Суммарные затраты на обслуживание:

$$F = \sum_{j=1}^p F_j.$$

<sup>1</sup> Задача о нахождении  $p$ -медианы данного графа – это задача о размещении заданного числа  $p$ -пунктов обслуживания, при котором сумма кратчайших расстояний от вершин графа до ближайших пунктов минимальна.

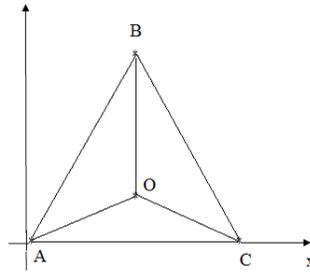


Рис. 1. Точка Ферма треугольника ABC.

Требуется найти минимум  $F$  по всем возможным наборам  $i_1, i_2, \dots, i_p$  и местам расположения объектов обслуживания  $A_1, \dots, A_j (i \leq j)$ .

## АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ

В основе – метод динамического программирования.

Обозначим как  $G_k(i, j)$  минимальные суммарные затраты для подзадачи, в которой участвуют только объекты  $A_i, \dots, A_j (i \leq j, k \leq j - i + 1)$ , а требуемое количество пунктов равно  $k$ .

1. Методом градиентного спуска для всех зон  $A_1, \dots, A_j (i \leq j)$  находим оптимальное расположение и оптимальные затраты  $G_1(i, j)$  в случае одного пункта обслуживания. Это – известная задача Вебера.

2. Находим оптимальное расположение двух пунктов и оптимальные затраты:

$$G_2(i, n) = \min_{i \leq k < n} (G_1(i, k) + G_1(k+1, n)),$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1.$$

3. И так далее:

$$G_3(i, n) = \min_{i \leq k < n-1} (G_1(i, k) + G_2(k+1, n)),$$

$$i = 1, 2, \dots, n-2;$$

$$G_p(1, n) = \min_{i \leq k < n-p+2} (G_1(i, k) + G_{p-1}(k+1, n)).$$

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПЛОСКОСТИ

Рассмотрим ряд примеров на плоскости. Пусть координаты объектов обслуживания  $A_i(x_i, y_i)$ , а координаты пункта обслуживания  $C_j(x, y)$ , тогда

$$d_{ij} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}.$$

**Пример 1.** Имеются три объекта  $A(0; 0)$ ,  $B(5; 10)$ ,  $C(10; 0)$ . Требуется оптимальным образом разместить пункт обслуживания (например, спасательную вертолётную службу), если все три объекта равноправны.

Это известная задача Ферма: найти точку  $O$  (см. рис. 1), такую, чтобы сумма расстояний  $OA + OB + OC$  была минимальна. Если углы треугольника меньше  $120^\circ$



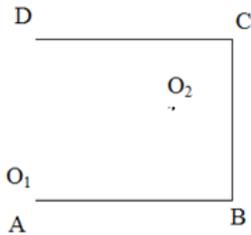


Рис. 2. Первый вариант оптимального расположения двух спасательных служб.

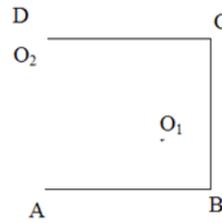


Рис. 3. Второй вариант оптимального расположения двух спасательных служб.

(в нашем случае они острые), то искомая точка единственная (точка Ферма), и углы  $\angle AOC$ ,  $\angle AOB$ ,  $\angle BOC$  равны  $120^\circ$ . Вычисления по алгоритму дают  $O(5; 2,85)$ .

**Пример 2.** В предыдущей задаче изменим координаты на  $A(0; 0)$ ,  $B(-5; 5)$ ,  $C(10; 0)$ .

В этом случае угол  $\angle BAC = 135^\circ$  – тупой, и в точке  $A$  достигается минимум. Вычисления по алгоритму дают  $O(0; 0)$ .

**Пример 3.** В условиях примера 1 пусть точка  $B$  в полтора раза важнее точек  $A$  и  $C$ . В этом случае надо найти точку  $O$ , чтобы сумма расстояний  $OA + 1,5OB + OC$  была минимальна.

Вычисления по алгоритму дают  $O(5; 5,655)$ .

**Пример 4.** В условиях примера 1 нужно найти оптимальное расположение двух спасательных вертолётных служб.

Здесь  $F_{min} = 10$ :  $O_1$  в любой точке на стороне  $AC$ , а  $O_2$  в точке  $B$ .

**Пример 5.** Имеются четыре объекта  $A(0; 0)$ ,  $B(20; 0)$ ,  $C(20; 20)$ ,  $D(0; 20)$  (образующих маршрут  $ABCD$ ). Надо оптимальным образом разместить:

- а) одну спасательную вертолётную службу, если все объекты равноправны;
- б) две спасательные вертолётные службы, если все объекты равноправны.

**Решение:**

а) В этом случае ответ очевиден – на пересечении диагоналей квадрата. Результат работы программы – координаты спасательной службы  $(10; 10)$ ;

б) Результат работы программы:

$$F_{min} = 38,63708.$$

опт. вар. № 1

$$x(1) = 0 \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 15,75; \quad y(2) = 15,75.$$

опт. вар. № 2

$$x(1) = 15,75; \quad y(1) = 4,25.$$

$$x(2) = 0; \quad y(2) = 20.$$

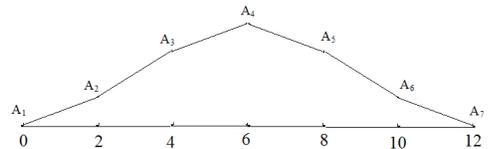


Рис. 4. Расположение семи населённых пунктов.

Таким образом, есть два оптимальных симметричных варианта.

Первый:  $O_1(0, 0)$ , а  $O_2(15,75; 15,75)$  – точка Ферма для треугольника  $BCD$  (см. рис. 2).

Второй:  $O_2$  в точке  $D$ , а  $O_1(15,75; 4,25)$  – точка Ферма для треугольника  $ABC$  (см. рис. 3).

**Замечание.** Ещё два очевидных варианта для квадрата:

$O_1$  в точке  $B$ , а  $O_2$  – точка Ферма для треугольника  $ADC$ ;

$O_1$  в точке  $C$ , а  $O_2$  – точка Ферма для треугольника  $ADB$ .

Эти варианты не подходят для рассмотренной модели, т.к. мы имеем дело не с квадратом, а с маршрутом  $ABCD$  (связи  $A$  с  $D$  нет). Циклические маршруты рассмотрим позже.

**Пример 6.** Имеются семь населённых пунктов  $A_1(0,0)$ ,  $A_2(2,1)$ ,  $A_3(4,3)$ ,  $A_4(6,4)$ ,  $A_5(8,3)$ ,  $A_6(10,1)$ ,  $A_7(12,0)$  (см. рис. 4). Требуется оптимальным образом разместить:

- а) одну спасательную вертолётную службу, если все объекты равноправны;
- б) две спасательные вертолётные службы, если все объекты равноправны;
- в) три спасательные вертолётные службы, если все объекты равноправны;
- г) три спасательные вертолётные службы, если показатели численности населения соотносятся как  $1 : 1,3 : 1,5 : 2 : 2,5 : 3 : 3,5$ .

**Решение:**

а) Результат работы программы:

$$F_{min} = 27,16705.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 6; \quad y(1) = 2,51.$$

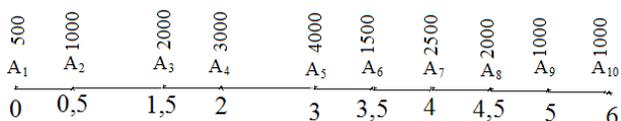


Рис. 5. Расположение десяти населённых пунктов на прямой.

Существует один оптимальный вариант размещения спасательной службы  $O(6; 2,51)$ .

б) Результат работы программы:

$$F_{\min} = 15,10434.$$

опт. вар. № 1

$$x(1) = 2; \quad y(1) = 1.$$

$$x(2) = 8,85; \quad y(2) = 2,13.$$

опт. вар. № 2

$$x(1) = 3,15; \quad y(1) = 2,13.$$

$$x(2) = 10; \quad y(2) = 1.$$

Существуют два оптимальных симметричных варианта.

Первый: одна точка  $O_1(2, 1)$  – точка Ферма для треугольника  $A_1A_2A_3$ , а  $O_2(8,85; 2,13)$  – точка пересечения диагоналей четырёхугольника  $A_4A_5A_6A_7$ .

Второй:  $O_2(10, 1)$  – точка Ферма для треугольника  $A_5A_6A_7$ , а  $O_1(3,15; 2,13)$  – точка пересечения диагоналей четырёхугольника  $A_1A_2A_3A_4$ .

в) Результат работы программы:

$$F_{\min} = 8,944272.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 1,8; \quad y(1) = 0,9.$$

$$x(2) = 6; \quad y(2) = 4.$$

$$x(3) = 10,2; \quad y(3) = 0,9.$$

Существует один оптимальный вариант размещения спасательной службы  $O_1(1,8; 0,9)$  – точка на отрезке  $A_1A_2$  (а это означает, что вместо неё можно взять любую точку этого отрезка);  $O_2(6; 4)$  – точка Ферма для треугольника  $A_3A_4A_5$ ;  $O_3(10,2; 0,9)$  – точка на отрезке  $A_6A_7$  (а это означает, что вместо неё можно взять любую точку этого отрезка).

г) Результат работы программы:

$$F_{\min} = 17,6591.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 2; \quad y(1) = 1.$$

$$x(2) = 8; \quad y(2) = 3.$$

$$x(3) = 12; \quad y(3) = 0.$$

Существует один оптимальный вариант размещения:  $O_1(2; 1)$  – точка Ферма для треугольника  $A_1A_2A_3$ ;  $O_2(8; 3)$  – точка Ферма для треугольника  $A_4A_5A_6$  и  $O_3(12; 0)$  рас-

положились в точке  $A_7$ . Спасательные службы сместились вправо.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ НА ПРЯМОЙ

Метод оптимального размещения спасательных служб на плоскости применим и для оптимального размещения на прямой.

**Пример 7.** Имеются 10 населённых пунктов, расположенных на прямой:

$A_1(0)$ ;  $A_2(0,5 \text{ км})$ ;  $A_3(1,5 \text{ км})$ ;  $A_4(2 \text{ км})$ ;  $A_5(3 \text{ км})$ ;  $A_6(3,5 \text{ км})$ ;  $A_7(4 \text{ км})$ ;  $A_8(4,5 \text{ км})$ ;  $A_9(5 \text{ км})$ ;  $A_{10}(6 \text{ км})$  (см. рис. 5). В этих пунктах проживают соответственно 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 1500, 2500, 2000, 1000, 1000 человек.

Надо оптимальным образом разместить:

- а) одну автобусную остановку; б) две; в) три; г) четыре; д) пять.

**Решение:**

а) Получаем

$$F_{\min} = 42,5.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 3; \quad y(1) = 0.$$

Одну остановку следует разместить в  $A_5$ .

- б) Оптимальное расположение двух остановок: в  $A_3$  и  $A_7$ .

$$F_{\min} = 24.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 1,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 4; \quad y(2) = 0.$$

- в) Оптимальное расположение трёх остановок: в  $A_3$ ,  $A_5$  и  $A_8$ .

$$F_{\min} = 14,5.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 1,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 3; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 4,5; \quad y(3) = 0.$$

- г) Оптимальное расположение четырёх остановок: в  $A_2$ ,  $A_4$ ,  $A_5$  и  $A_8$ .

$$F_{\min} = 10,5.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 0,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 2; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 3; \quad y(3) = 0.$$

$$x(4) = 4,5; \quad y(4) = 0.$$

- д) Оптимальное расположение пяти остановок: в  $A_2$ ,  $A_4$ ,  $A_5$ ,  $A_9$  и  $A_{10}$ .



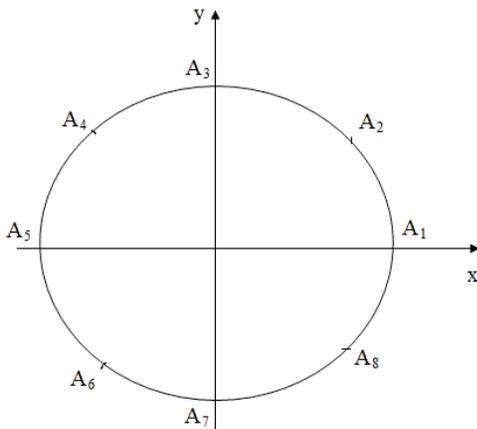


Рис. 6. Расположение посадочных площадок.

$$F_{\min} = 7,5.$$

опт. вар. только один

$$x(1) = 0,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 2; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 3; \quad y(3) = 0.$$

$$x(4) = 4,5; \quad y(4) = 0.$$

$$x(5) = 6; \quad y(5) = 0.$$

### ЦИКЛИЧЕСКИЕ МАРШРУТЫ

Пусть имеются  $n$  упорядоченных объектов обслуживания  $A_1, A_2, \dots, A_n$ , образующих цикл, т.е. связи между любыми соседними объектами и между  $A_1$  и  $A_n$ . Как и для маршрута (концы не имеют связи), надо оптимально разбить объекты обслуживания на  $m$  неразрывных зон, для каждой зоны найти оптимальное расположение пункта обслуживания, чтобы общие затраты были минимальны.

Если рассмотреть  $n - m + 1$  задач о маршрутах ( $A_1, A_2, \dots, A_n; A_2, A_3, \dots, A_n, A_1; A_3, A_4, \dots, A_n, A_1, A_2$  и т.д.), то любое оптимальное расположение для цикла есть среди оптимальных расположений маршрутов. Поэтому применительно к циклу надо найти оптимальные расположения для каждого отдельного маршрута и среди них выбрать менее затратные.

**Пример 8.** Условие примера 5: имеются четыре важнейших объекта  $A(0; 0)$ ,  $B(20; 0)$ ,  $C(20; 20)$ ,  $D(0; 20)$  (образующих цикл). Как оптимальным образом разместить две спасательные вертолетные службы, если все объекты равноправны?

Решение. *Надо рассмотреть*  $4 - 2 + 1 = 3$  маршрута.

1. Для маршрута ABCD в примере 5 уже дан ответ:

$$F_{\min} = 38,63708.$$

опт. вар. № 1

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 15,75; \quad y(2) = 15,75.$$

опт. вар. № 2

$$x(1) = 15,75; \quad y(1) = 4,25.$$

$$x(2) = 0; \quad y(2) = 20.$$

Есть два оптимальных симметричных варианта.

Первый:  $O_1(0, 0)$  и  $O_2(15,75; 15,75)$  – точка Ферма для треугольника BCD (см. рис. 2).

Второй:  $O_2$  в точке D, а  $O_1(15,75; 4,25)$  – точка Ферма для треугольника ABC (см. рис. 3).

2. Для маршрута BCDA имеем:

$$F_{\min} = 38,63708.$$

опт. вар. № 1

$$x(1) = 20; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 4,25; \quad y(2) = 15,75.$$

опт. вар. № 2

$$x(1) = 15,75; \quad y(1) = 15,75.$$

$$x(2) = 0; \quad y(2) = 0.$$

Есть два оптимальных симметричных варианта.

Первый:  $O_1(20, 0)$ , а  $O_2(4,25; 15,75)$  – точка Ферма для треугольника ACD.

Второй:  $O_2$  в точке A, а  $O_1(15,75; 15,75)$  – точка Ферма для треугольника BCD (этот вариант уже был).

3. Для маршрута CDAВ имеем:

$$F_{\min} = 38,63708.$$

опт. вар. № 1

$$x(1) = 20; \quad y(1) = 20.$$

$$x(2) = 4,25; \quad y(2) = 4,25.$$

опт. вар. № 2

$$x(1) = 4,25; \quad y(1) = 15,75.$$

$$x(2) = 20; \quad y(2) = 0.$$

Есть два оптимальных симметричных варианта.

Первый:  $O_1(20; 20)$ , а  $O_2(4,25; 4,25)$  – точка Ферма для треугольника ADB.

Второй:  $O_2$  в точке B, а  $O_1(4,25; 15,75)$  – точка Ферма для треугольника ACD (этот вариант уже был).

Получаем для цикла ABCD четыре оптимальных варианта размещения:

$$1. \quad O_1(0; 0), \text{ а } O_2(15,75; 15,75).$$

$$2. \quad O_1(15,75; 4,25), \text{ а } O_2(0; 20).$$

$$3. \quad O_1(20; 0), \text{ а } O_2(4,25; 15,75).$$

$$4. \quad O_1(20; 20), \text{ а } O_2(4,25; 4,25).$$



*Пример 9.* Для обслуживания кольцевого маршрута, представляющего окружность радиуса 25 км, оборудованы 8 посадочных площадок  $A_1, A_2, \dots, A_8$  (см. рис. 6), расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. Интенсивность пассажиропотоков соотносится как 1,5 : 1,8 : 2 : 1,7 : 1,6 : 1,4 : 1 : 1,3 соответственно. Требуется провести анализ и найти оптимальное размещение:

- а) одной вертолётной спасательной службы;
- б) двух вертолётных спасательных служб;
- в) трёх вертолётных спасательных служб.

*Решение:*

а) Существует единственный оптимальный вариант размещения одной спасательной службы.

$$F_{\min} = 302,6217.$$

$$x(1) = -0,247; \quad y(1) = 6,13.$$

$O(-0,247 \text{ км}; 6,13 \text{ км})$  – оптимум.

б) Из рассмотренных маршрутов  $A_1, A_2, \dots, A_8; A_2, A_3, \dots, A_1; A_3, A_4, \dots, A_2; A_4, A_5, \dots, A_3; A_5, A_6, \dots, A_4; A_6, A_7, \dots, A_5; A_7, A_8, \dots, A_6$  минимальные затраты при оптимальном размещении двух вертолётных спасательных служб имеет маршрут  $A_4, A_5, \dots, A_3$ .

$$F_{\min} = 206,4624.$$

$$x(1) = -22,74; \quad y(1) = -0,64.$$

$$x(2) = 16,2; \quad y(2) = 15,11.$$

$O_1(-22,74 \text{ км}; -0,64 \text{ км}); O_2(16,2 \text{ км}; 15,11 \text{ км})$  – оптимальное расположение двух вертолётных спасательных служб.

в) Из анализа результатов для всех маршрутов получили два оптимальных варианта размещения:

$$F_{\min} = 206,4624.$$

*опт. вар. № 1*

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 25.$$

$$x(2) = -25; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 17,68; \quad y(3) = 17,68.$$

*опт. вар. № 2*

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 25.$$

$$x(2) = -17,68; \quad y(2) = -17,68.$$

$$x(3) = 25; \quad y(3) = 0.$$

Итак, имеются два оптимальных варианта размещения для трёх спасательных служб.

Первый:  $O_1(0; 25 \text{ км}); O_2(-25 \text{ км}; 0); O_3(17,68 \text{ км}; -17,68 \text{ км})$ .

Второй:  $O_1(0; 25 \text{ км}); O_2(-17,68 \text{ км}; -17,68 \text{ км}); O_3(25 \text{ км}; 0 \text{ км})$ .

## НЕПРЕРЫВНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ОБЪЕКТОВ

Пусть имеется кривая  $L$  (на плоскости или в пространстве), на которой размещены объекты обслуживания (например, железная или автомобильная дорога). Пусть  $A$  – точка на кривой,  $O$  – начальная, а  $K$  – конечная точка кривой (см. рис. 7). Обозначим через  $s$  длину кривой от  $O$  до  $A$ . Для обслуживания объекта в точке  $A(s)$  имеется весовой коэффициент  $m(s)$ . Пусть  $C$  – некоторая точка, из которой будет происходить обслуживание. Тогда затраты на обслуживание равны криволинейному интегралу

$$\int_0^k |CA| \cdot m(s) ds.$$

Задача состоит в том, чтобы найти оптимальное расположение точки  $C$ , соответствующее минимальным затратам.

Назовём и более общую задачу: разбить кривую  $L$  на  $m$  частей, для каждой части найти оптимальное расположение пункта обслуживания так, чтобы общие затраты на обслуживание были минимальны.

Поставленную задачу решить аналитически невозможно (за исключением постановки тривиальных задач), однако приближённо можно – с помощью изложенного выше метода. Так как криволинейный интеграл является пределом интегральной суммы (шаг разбиения делаем постоянным), а для интегральной суммы мы можем найти оптимальное расположение, то при большом числе разбиений получим искомое приближённое решение.

Рассмотрим конкретные примеры:

*Пример 10.* Для участка однородной ( $m(s) = 1$ ) железной дороги, представляющего собой полуокружность радиуса 30 км (см. рис. 8), надо найти оптимальное расположение:

- а) одной спасательно-обслуживающей вертолётной службы;
- б) двух спасательно-обслуживающих вертолётных служб;
- в) трёх спасательно-обслуживающих вертолётных служб.

*Решение:*

а) Результаты оптимальных размещений при разном количестве разбиений:





Рис. 7. Схематическое размещение дороги.

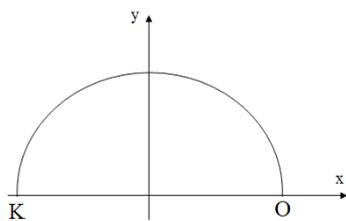


Рис. 8. Схема участка однородной железной дороги.

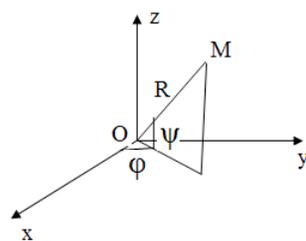


Рис. 9. Сфера радиуса R.

число разбиений = 20  
 $F_{\min} = 444,6107$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 0; y(1) = 22,85$ .

число разбиений = 40  
 $F_{\min} = 871,9875$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 0; y(1) = 23,26$ .

число разбиений = 80  
 $F_{\min} = 1726,943$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 0; y(1) = 23,43$ .

число разбиений = 100  
 $F_{\min} = 2154,438$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 0; y(1) = 23,48$ .

Оптимальное расположение (с точностью 50 метров) находится в точке O(0; 23,48 км).

б) Результаты оптимальных размещений при разном количестве разбиений:

число разбиений = 20  
 $F_{\min} = 241,5657$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 20,90; y(1) = 19,33$ .  
 $x(2) = -20,90; y(2) = 19,33$ .

число разбиений = 40  
 $F_{\min} = 471,9252$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 20,64; y(1) = 19,88$ .  
 $x(2) = -20,63; y(2) = 19,89$ .

число разбиений = 80  
 $F_{\min} = 932,9471$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 20,47; y(1) = 20,14$ .  
 $x(2) = -20,47; y(2) = 20,13$ .

число разбиений = 100  
 $F_{\min} = 1163,457$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 20,44; y(1) = 20,17$ .  
 $x(2) = -20,44; y(2) = 20,18$ .

Оптимальное расположение (с точностью 40 метров) находится в точках O<sub>1</sub>(20,44 км; 20,17 км); O<sub>2</sub>(-20,44 км; 20,18 км).

в) Результаты оптимальных размещений при разном количестве разбиений:

число разбиений = 80  
 $F_{\min} = 630,09$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 25,63; y(1) = 14,60$ .  
 $x(2) = 0; y(2) = 29,50$ .  
 $x(3) = -25,64; y(3) = 14,59$ .

число разбиений = 100  
 $F_{\min} = 785,7234$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 25,78; y(1) = 14,37$ .  
 $x(2) = 0; y(2) = 29,46$ .  
 $x(3) = -25,78; y(3) = 14,37$ .

Оптимальное расположение (с точностью 200 метров) находится в точках O<sub>1</sub>(25,75 км; 14,37 км); O<sub>2</sub>(0; 29,46 км); O<sub>3</sub>(-25,78 км; 14,37 км).

Пример 11. Сохраняется базовое условие предыдущего примера, но дорога при этом неоднородна –  $m(\phi) = 1 + \phi/\pi$ , т.е. от O ( $m(0) = 1$ ) до K ( $m(\pi) = 2$ ) ухудшается. Требуется найти оптимальное расположение:

- а) одной спасательно-обслуживающей вертолётной службы;
- б) двух спасательно-обслуживающих вертолётных служб.

Решение:

а) Результаты оптимальных размещений при разном количестве разбиений:

число разбиений = 80  
 $F_{\min} = 2524,94$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = -6,98; y(1) = 23,04$ .

число разбиений = 100  
 $F_{\min} = 3150,322$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = -6,97; y(1) = 23,08$ .

Оптимальное расположение (с точностью 40 метров) находится в точке O(-6,97 км; 23,08 км). Ввиду ухудшения дороги в сторону K оптимальная точка также сместилась влево.

б) Результаты оптимальных размещений при разном количестве разбиений:

число разбиений = 80  
 $F_{\min} = 1378,391$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 16,44; y(1) = 23,22$ .  
 $x(2) = -23,09; y(2) = 17,55$ .

число разбиений = 100  
 $F_{\min} = 1719,109$ .  
 опт. вар.  
 $x(1) = 16,42; y(1) = 23,25$ .  
 $x(2) = -23,06; y(2) = 17,61$ .

Оптимальное расположение (с точностью 60 метров) находится в точках O<sub>1</sub>(16,43 км; 23,25 км); O<sub>2</sub>(-23,06 км; 17,61 км).

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НА СФЕРЕ

Пусть  $M$  – точка на сфере радиуса  $R$  имеет координату долготы  $\phi$  ( $-\pi \leq \phi \leq \pi$ ) и координату широты  $\psi$  ( $-\pi/2 \leq \psi \leq \pi/2$ ) (см. рис. 9), тогда вектор  $OM$  имеет декартовы координаты  $(R \cdot \cos\psi \cdot \cos\phi; R \cdot \cos\psi \cdot \sin\phi; R \cdot \sin\psi)$ .

Пусть мы имеем две точки на сфере  $M_1(\phi_1; \psi_1)$ ,  $M_2(\phi_2; \psi_2)$ . Обозначим через  $\omega$  угол между векторами  $OM_1$  и  $OM_2$ , тогда  $\cos \omega = \cos\psi_1 \cdot \cos\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos\phi_2 + \cos\psi_1 \cdot \sin\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \sin\phi_2 + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2 = \cos\psi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos(\phi_2 - \phi_1) + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2$ .

Отсюда получаем формулу для расстояния между точками  $M_1(\phi_1; \psi_1)$ ,  $M_2(\phi_2; \psi_2)$  на сфере:

$$D = R \cdot \arccos(\cos\psi_1 \cdot \cos\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos\phi_2 + \cos\psi_1 \cdot \sin\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \sin\phi_2 + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2) = R \cdot \arccos((\cos\psi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos(\phi_2 - \phi_1) + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2))$$

Теперь аналогично предыдущим разделам ставится задача об оптимальном расположении пунктов обслуживания для объектов, расположенных на сфере. Алгоритм решения поставленной задачи такой же, как и ранее показанный.

**Пример 12.** На сфере радиуса 6400 км задан маршрут  $A_1A_2A_3$ , где  $A_1(0; 0)$ ;  $A_2(\pi/2; 0)$ ;  $A_3(0; \pi/2)$  (см. рис. 10). Весовые коэффициенты точек одинаковы.

Требуется найти:

а) точку на сфере, для которой сумма расстояний до заданных минимальна (точка Ферма на сфере);

б) две точки, для которых сумма расстояний от заданных до ближайшей из этих двух минимальна.

**Решение:**

а) существует единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 28,6595.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,78544 \quad y(1) = 0,6157.$$

$O(0,7854; 0,6157)$  – центральная точка восьмой части сферы.

б) имеются два оптимальных варианта размещения.

$$F_{\min} = 15,7114.$$

*опт. вар. № 1*

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 1,57; \quad y(2) = 1,28.$$

*опт. вар. № 2*

$$x(1) = 0,90; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 1; \quad y(2) = 1,57.$$

Первый:  $O_1(0; 0)$  (в точке  $A_1$ ), а  $O_2$  в любой точке дуги  $A_2A_3$ .

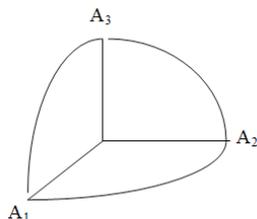


Рис. 10. Расположение маршрута  $A_1A_2A_3$  на сфере.

Второй:  $O_1$  – в любой точке дуги  $A_1A_2$ ;  $O_2$  в точке  $A_3$ .

Замечание. Рассматривается маршрут  $A_1A_2A_3$  (связи  $A_1A_3$  нет), поэтому вариант решения  $O_1$  в точке  $A_2$ , а  $O_2$  в любой точке дуги  $A_1A_3$  не учтён.

**Пример 13.** Берём маршрут  $A_1A_2A_3, A_4A_5, A_6A_7$ , где  $A_1(0; 0)$ ,  $A_2(\pi/12; \pi/12)$ ,  $A_3(2\pi/12; 2\pi/12)$ ,  $A_4(3\pi/12; 3\pi/12)$ ,  $A_5(4\pi/12; 2\pi/12)$ ,  $A_6(5\pi/12; \pi/12)$ ,  $A_7(6\pi/12; 0)$ .

Весовые коэффициенты соотносятся как 2:1,5:1,3:1:1,3:1,5:2. Требуется найти: а) одну оптимальную точку; б) две оптимальные точки; в) три оптимальные точки.

**Решение:**

а) существует единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 60,54433.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,7857; \quad y(1) = 0,4228.$$

б) существует единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 30,8262.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,26; \quad y(1) = 0,26.$$

$$x(2) = 1,31; \quad y(2) = 0,26.$$

в) Существует единственный оптимальный вариант размещения

$$F_{\min} = 18,93.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 0,785; \quad y(2) = 0,635.$$

$$x(3) = 1,57; \quad y(3) = 0.$$

**Пример 14.** Взяты 50 станций от Санкт-Петербурга до Москвы с их географическими координатами (например, Тверь,  $56^\circ 51' 28''$  с.ш.,  $35^\circ 55' 18''$  в.д.). Весовые коэффициенты станций – число жителей населённых пунктов. Надо определить оптимальное расположение спасательных вертолётных служб (или, например, логистических складов): а) в одном пункте; б) трёх; в) пяти; г) семи; д) десяти.

**Решение:**

а) имеется единственный оптимальный вариант размещения.





$$F_{\min} = 5357,119.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,6570193; \quad 37 \quad 38 \quad 39.$$

$$y(1) = 0,9735325; \quad 55 \quad 46 \quad 45.$$

$O(55^{\circ}46'45''$  с.ш.,  $37^{\circ}38'39''$  в.д.) – Москва – оптимальное место расположения одной спасательной вертолётной службы.

б) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 131,7336.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,529522; \quad 30 \quad 20 \quad 21.$$

$$y(1) = 1,046008; \quad 59 \quad 55 \quad 54.$$

$$x(2) = 0,626340; \quad 35 \quad 53 \quad 11.$$

$$y(2) = 0,992498; \quad 56 \quad 51 \quad 57.$$

$$x(3) = 0,657666; \quad 37 \quad 40 \quad 53.$$

$$y(3) = 0,9734444; \quad 55 \quad 46 \quad 27.$$

$O_1(59^{\circ}55'54''$  с.ш.,  $30^{\circ}20'21''$  в.д.) – Санкт-Петербург;  $O_2(56^{\circ}51'57''$  с.ш.,  $35^{\circ}53'11''$  в.д.);  $O_3(55^{\circ}46'27''$  с.ш.,  $37^{\circ}40'53''$  в.д.) – Москва – оптимальное расположение трёх спасательных вертолётных служб.

в) имеется единственный оптимальный вариант размещения

$$F_{\min} = 99,93713.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,529522; \quad 30 \quad 20 \quad 21.$$

$$y(1) = 1,046008; \quad 59 \quad 55 \quad 54.$$

$$x(2) = 0,603122; \quad 34 \quad 33 \quad 22.$$

$$y(2) = 1,005301; \quad 57 \quad 35 \quad 58.$$

$$x(3) = 0,626474; \quad 35 \quad 53 \quad 39.$$

$$y(3) = 0,992484; \quad 56 \quad 51 \quad 54.$$

$$x(4) = 0,652459; \quad 37 \quad 22 \quad 59.$$

$$y(4) = 0,975852; \quad 55 \quad 54 \quad 43.$$

$$x(5) = 0,657624; \quad 37 \quad 40 \quad 44.$$

$$y(5) = 0,973372; \quad 55 \quad 46 \quad 12.$$

г) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 83,10983.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,529319; \quad 30 \quad 19 \quad 39.$$

$$y(1) = 1,046664; \quad 59 \quad 58 \quad 10.$$

$$x(2) = 0,539970; \quad 30 \quad 56 \quad 16.$$

$$y(2) = 1,039119; \quad 59 \quad 32 \quad 13.$$

$$x(3) = 0,602933; \quad 34 \quad 32 \quad 43.$$

$$y(3) = 1,005344; \quad 57 \quad 36 \quad 7.$$

$$x(4) = 0,626291; \quad 35 \quad 53 \quad 1.$$

$$y(4) = 0,992527; \quad 56 \quad 52 \quad 3.$$

$$x(5) = 0,641392; \quad 36 \quad 44 \quad 56.$$

$$y(5) = 0,983039; \quad 56 \quad 19 \quad 26.$$

$$x(6) = 0,653102; \quad 37 \quad 25 \quad 11.$$

$$y(6) = 0,975525; \quad 55 \quad 53 \quad 36.$$

$$x(7) = 0,657624; \quad 37 \quad 40 \quad 44.$$

$$y(7) = 0,975525; \quad 55 \quad 46 \quad 12.$$

д) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 72,55429.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 0,529319; \quad 30 \quad 19 \quad 39.$$

$$y(1) = 1,046664; \quad 59 \quad 58 \quad 10.$$

$$x(2) = 0,539670; \quad 30 \quad 55 \quad 14.$$

$$y(2) = 1,039566; \quad 59 \quad 33 \quad 45.$$

$$x(3) = 0,562062; \quad 32 \quad 12 \quad 13.$$

$$y(3) = 1,027465; \quad 58 \quad 52 \quad 9.$$

$$x(4) = 0,603013; \quad 34 \quad 33 \quad 0.$$

$$y(4) = 1,005241; \quad 57 \quad 35 \quad 45.$$

$$x(5) = 0,610758; \quad 34 \quad 59 \quad 37.$$

$$y(5) = 0,995543; \quad 57 \quad 2 \quad 25.$$

$$x(6) = 0,626559; \quad 35 \quad 53 \quad 57.$$

$$y(6) = 0,992503; \quad 56 \quad 51 \quad 58.$$

$$x(7) = 0,641078; \quad 36 \quad 43 \quad 51.$$

$$y(7) = 0,982985; \quad 56 \quad 19 \quad 15.$$

$$x(8) = 0,649193; \quad 37 \quad 11 \quad 45.$$

$$y(8) = 0,976829; \quad 55 \quad 58 \quad 5.$$

$$x(9) = 0,653784; \quad 37 \quad 27 \quad 32.$$

$$y(9) = 0,975248; \quad 55 \quad 52 \quad 39.$$

$$x(10) = 0,657624; \quad 37 \quad 40 \quad 44.$$

$$y(10) = 0,973372; \quad 55 \quad 46 \quad 12.$$

*Пример 15.* Рассматриваются 50 станций от Санкт-Петербурга до Москвы. Весовые коэффициенты станций – число жителей населённых пунктов. Надо определить оптимальное расположение остановок (не учитывая Санкт-Петербург и Москву): а) одной остановки; б) двух остановок; в) четырёх остановок; г) шести остановок; д) восьми остановок; е) десяти остановок.

**Решение:**

а) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 47456,63.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 482,95.$$

Оптимальное размещение одной остановки – 482,95 в Твери, 419 363 человек.

б) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 36362,02.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 364,2.$$

$$x(2) = 482,95.$$

Оптимальное размещение двух остановок – Вышний Волочёк, 47 732 человека и Тверь, 419 363 человека.

в) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 20287,78.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 364,2.$$

$$x(2) = 482,95.$$

$$x(3) = 560,6.$$

$$x(4) = 631,17.$$

Оптимальное размещение четырёх остановок – Вышний Волочёк, 47732 человека; Тверь, 419363 человека; Клин, 79056 человек и Химки 244668 человек.

г) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 13131,44.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 52,53.$$

$$x(2) = 364,2.$$

$$x(3) = 436,56.$$

$$x(4) = 482,95.$$

$$x(5) = 560,6.$$

$$x(6) = 631,17.$$

Оптимальное размещение шести остановок – Тосно, 37875 человек; Вышний Волочёк, 47732 человека; Лихославль, 46031 человек; Тверь, 419363 человека; Клин, 79056 человек и Химки, 244668 человек.

д) имеется единственный оптимальный вариант размещения.

$$F_{\min} = 8741,181.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 52,53. \quad x(5) = 482,95.$$

$$x(2) = 161,71. \quad x(6) = 560,6.$$

$$x(3) = 364,2. \quad x(7) = 611,18.$$

$$x(4) = 436,56. \quad x(8) = 631,17.$$

Оптимальное размещение восьми остановок – Тосно, 37875 человек; Малая Вишера, 11015 человек; Вышний Волочёк, 47732 человека; Лихославль, 46031 человек; Тверь, 419363 человека; Клин, 79056 человек; Крюково, 95645 человек; Химки, 244668 человек.

е) имеется единственный оптимальный вариант размещения

$$F_{\min} = 5963,371.$$

*опт. вар.*

$$x(1) = 52,53.$$

$$x(2) = 117,82.$$

$$x(3) = 319,43.$$

$$x(4) = 364,2.$$

$$x(5) = 436,56.$$

$$x(6) = 482,95.$$

$$x(7) = 560,6.$$

$$x(8) = 584,92.$$

$$x(9) = 611,18.$$

$$x(10) = 631,17.$$

Оптимальное размещение десяти остановок – Тосно, 37875 человек; Чудово-Московское, 14730 человек; Бологое-Московское, 21425 человек; Вышний Волочёк, 47732 человека; Лихославль, 46031 человек; Тверь, 419363 человека; Клин, 79056 человек; Подсолнечная, 52642 человек; Крюково, 95645 человек; Химки, 244668 человек.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построена математическая модель оптимального обслуживания дискретных объектов, которые могут быть расположены на прямой, плоскости, в пространстве или на сфере. Результаты исследования могут быть применены при планировке жилых массивов, для оптимального определения остановок транспорта на дорогах, оптимального расположения спасательных служб на транспорте, оптимального распределения объектов целевого назначения и т.п. Аналогичные расчёты возможны для любых сторон жизнедеятельности человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Megiddo N., Supowit K. J. On the complexity of some common geometric location problems. – SIAM Journal on Computing. – 1984. – Vol. 13. – No. 1. – pp. 182–196.
2. Tamir A. An  $O(pn^2)$  algorithm for the  $p$ -median and related problems on tree graphs. – Operations Research Letters. – 1996. – Vol. 19. – No. 1. – pp. 59–64.
3. Brimberg J., Juel H., Schöbel A. Linear Facility Location in Three Dimensions – Models and Solution Methods. – Operations Research. – 2002. – Vol. 50. – No. 6. – pp. 1050–1057.
4. Гусев А. И. Почему все дороги ведут в Москву // Мир транспорта. – 2005. – № 4. – С. 22–25.
5. Гусев С. А. Теоремы распределения ресурсов // Мир транспорта. – 2010. – № 3. – С. 30–35.
6. Гусев А. И., Гусев С. А. Оптимальное расположение спасательной службы // Мир транспорта. – 2017. – № 4. – С. 194–201.
7. Гусев А. И., Гусев С. А., Милевский А. С. Оптимальное транспортное обслуживание при равномерном распределении объектов // Мир транспорта. – 2017. – № 6. – С. 32–46.
8. Гусев С. А. Расположение спасательных служб около одностороннего транспортного узла // Мир транспорта. – 2018. – № 3. – С. 208–218. ●

Координаты авторов: **Гусев А. И.** – aigus7@gmail.com, **Гусев С. А.** – 7781011@gmail.com, **Милевский А. С.** – a\_s\_mi@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 26.12.2018, принята к публикации 12.02.2019.



## OPTIMAL MAINTENANCE OF DISCRETE OBJECTS ON THE PLANE, IN SPACE AND IN GIVEN BOUNDARIES OF THE SPHERE

**Gusev, Anatoly I.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

**Gusev, Sergey A.**, Samolet Development Construction Company, Moscow, Russia.

**Milevsky, Alexander S.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The authors of the article simulate a mathematical solution of problems associated with optimal distribution and maintenance of discrete objects belonging, particularly, to transport environment. Options for location from one to ten objects, which are intended to be in space, on a straight line or on the

plane, within the boundaries of a sphere of a certain radius, are considered. The results of the study can be applied for planning residential areas, optimal location of public transport stop points on roads and of transport rescue services. Following the suggested model, similar calculations can be used for any aspect of human life.

**Keywords:** transport, mathematical model, distribution law, Weber problem, Fermat problem, discrete objects, optimal location, plane, space, line, sphere.

**Background.** Optimal allocation of transport objects and facilities is one of the problems having key impact on minimization of costs of transport services. We have studied some models of mathematical solution of this problem with regard to different conditions. The task itself assumes that there are  $n$  arranged objects  $A_1, A_2, \dots, A_n$ . It is required to find placements for  $p$ -points of service  $C_1, C_2, \dots, C_p$  in such a way as to minimize the total costs of the upcoming servicing. It is understood that each object is tied to one point, and each point can potentially serve any number of clients.

There are many statements of similar problems, comprising cases when the choice of location of such points is limited to a set of points specified in advance, for example, by vertices of a graph. Such a problem posed on a graph of a general form (on finding the so-called  $p$ -median of a graph<sup>1</sup>), as it is known, belongs to the class of NP-complete [nondeterministic polynomial, 1, pp. 193–195]. Each point serves a whole cluster of objects, and complexity of the solution is associated with a rapid increase in the number of options of splitting into clusters. With introduction of restrictions on these options, it is possible to develop efficient algorithms. For example, in [2, pp. 60–62],  $O(pn^2)$  algorithm was proposed in the case where the graph is a tree. In [3] the case is considered when location of points is limited to a certain line in three-dimensional space. In [4–7] problems of optimal location of a highway, optimal distribution of funds between programs for traffic safety in transport, optimal location of social facilities with normal and uniform distribution are studied.

Here we assume that each cluster served by this point is a «continuous» segment of objects, i.e. if  $C_1$  serves  $A_1$  and  $A_2$ , then it serves all the objects in between –  $A_2, A_3, A_4$ . Thus, it is required to optimally split the set of served facilities or objects (to which services are provided) into  $p$ -«continuous» segments and for each segment to find the optimal location of the required service points.

**Objective.** The objective of the authors is to consider different variants of optimal location of discrete served and servicing objects on the plane, in space and in given boundaries of the sphere.

**Methods.** The authors use dynamic programming, distribution law, geometric and algebraic methods (Weber problem, Fermat problem solution, curvilinear integral method).

<sup>1</sup> The problem of finding the  $p$ -median of a given graph is the problem of locating a given number of service  $p$ -points, when the sum of the shortest distances from the vertices of the graph to the nearest points is minimal.

### Results.

#### Mathematical formulation of the problem

Let  $i_1, i_2, \dots, i_p$  – be indices for splitting the list of facilities served into zones, i.e.  $A_1, \dots, A_{i_1}$  – first service zone, which is served by the service point  $C_{i_1}$ , the zone  $A_{i_1+1}, \dots, A_{i_2}$  – by the point  $C_{i_2}$ , etc. Let  $d_{ij}$  – be distance from the object  $A_i$  to the point  $C_j$  and  $m_1, \dots, m_n$  – be «weights» of facilities served. Then the costs associated with the point  $C_j$  are:

$$F_j = \sum_{i=i_{j-1}+1}^{i_j} m_i d_{ij}.$$

Total maintenance costs:

$$F = \sum_{j=1}^p F_j.$$

It is required to find the minimum  $F$  in all possible sets  $i_1, i_2, \dots, i_p$  and the locations of the served facilities  $A_1, \dots, A_n$  ( $i \leq j$ ).

#### Algorithm of the solution

We use a dynamic programming method as a core one.

Let's denote by  $G_k(i, j)$  – the minimum total costs for the subtask, in which only objects  $A_1, \dots, A_j$  ( $i \leq j$ ,  $k \leq j - i + 1$ ) participate, and the required number of points is equal to  $k$ .

1. Using the gradient descent method for all zones  $A_1, \dots, A_j$  ( $i \leq j$ ) we find the optimal location and optimal costs  $G_1(i, j)$  in the case of a single service point. This is the well-known Weber's task.

2. We find the optimal location of two points and optimal costs:

$$G_2(i, n) = \min_{i \leq k < n} (G_1(i, k) + G_1(k+1, n)), i = 1, 2, \dots, n-1.$$

3. And so on

$$G_3(i, n) = \min_{i \leq k < n-1} (G_1(i, k) + G_2(k+1, n)), i = 1, 2, \dots, n-2;$$

$$G_p(1, n) = \min_{i \leq k < n-p+2} (G_1(i, k) + G_{p-1}(k+1, n)).$$

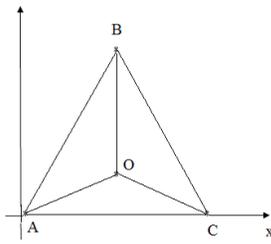
#### Solving tasks on the plane

Let's consider a number of examples on the plane. Let the coordinates of the served facilities be  $A_i(x, y)$ , and the coordinates of the service point be  $C_j(x, y)$ , then

$$d_{ij} = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}.$$

Example 1. There are three objects  $A(0; 0)$ ,  $B(5; 10)$ ,  $C(10; 0)$ . It is required to optimally place the rescue helicopter service if all three objects are equally important.

This is the well-known Fermat's problem: to find such a point  $O$  (see Pic. 1), that the sum of the distances  $OA + OB + OC$  is minimal. If the angles of



**Pic. 1. Fermat point of the triangle ABC.**

the triangle are less than  $120^\circ$  (in our case, they are sharp), then the desired point is the only one (Fermat point) and the angles  $\angle AOC$ ,  $\angle AOB$ ,  $\angle BOC$  are equal to  $120^\circ$ . Calculations with the algorithm give  $O(5; 2,85)$ .

Example 2. In the previous problem we change the coordinates to  $A(0; 0)$ ,  $B(-5; 5)$ ,  $C(10; 0)$ . In this case the angle  $\angle BAC = 135^\circ$  is obtuse and a minimum is reached at point A. Calculations according to the algorithm give  $O(0; 0)$ .

Example 3. In the conditions of example 1, let point B be one and a half times more important than points A and C. In this case, it is necessary to find point O so that the sum of the distances  $OA + 1,5OB + OC$  is minimal. Calculations according to the algorithm give  $O(5; 5,655)$ .

Example 4. In the conditions of example 1 let's find the optimal location of two rescue helicopter services.

Here  $F_{\min} = 10$ :  $O_1$  at any point on the side AC, and  $O_2$  at point B.

Example 5. There are four objects  $A(0; 0)$ ,  $B(20; 0)$ ,  $C(20; 20)$ ,  $D(0; 20)$  (forming the route ABCD). It is necessary to place optimally:

- a) one rescue helicopter service, if all objects are equally important;
- b) two rescue helicopter services, if all objects are equally important.

Solution:

a) In this case, the answer is obvious: the point is at the intersection of the diagonals of the square. The result of the program – the coordinates of the rescue service  $(10; 10)$ ;

b) The result of the software application:

$$F_{\min} = 38,63708.$$

opt. option No. 1

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 15,75; \quad y(2) = 15,75.$$

opt. option No. 2

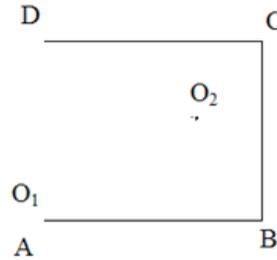
$$x(1) = 15,75; \quad y(1) = 4,25.$$

$$x(2) = 0; \quad y(2) = 20.$$

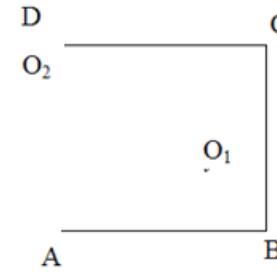
Thus, there are two optimal symmetric options.

The first:  $O_1(0, 0)$ , and  $O_2(15,75; 15,75)$  is the Fermat point for the triangle BCD (see Pic. 2).

The second:  $O_2$  at point D, and  $O_1(15,75; 4,25)$  – the Fermat point for the triangle ABC (see Pic. 3).



**Pic. 2. The first option of optimal location of two rescue services.**



**Pic. 3. The second option of optimal location of two rescue services.**

Note. Two more obvious options for the square:  $O_1$  at point B, and  $O_2$  – the Fermat point for the triangle ADC;

$O_1$  at point C, and  $O_2$  – the Fermat point for the triangle ADB.

These options are not suitable for the considered model, since we are not dealing with a square, but with a route ABCD (there is no connection of A with D). Cyclic routes will be considered later.

Example 6. There are seven settlements  $A_1(0,0)$ ,  $A_2(2,1)$ ,  $A_3(4,3)$ ,  $A_4(6,4)$ ,  $A_5(8,3)$ ,  $A_6(10,1)$ ,  $A_7(12,0)$  (see Pic. 4). It is necessary to place optimally:

- a) one rescue helicopter service, if all objects are equally important;
- b) two rescue helicopter services, if all objects are equally important;
- c) three rescue helicopter services, if all objects are equally important;
- d) three rescue helicopter services if the population figures are  $1 : 1,3 : 1,5 : 2 : 2,5 : 3 : 3,5$ .

Solution:

a) The result of the program application:

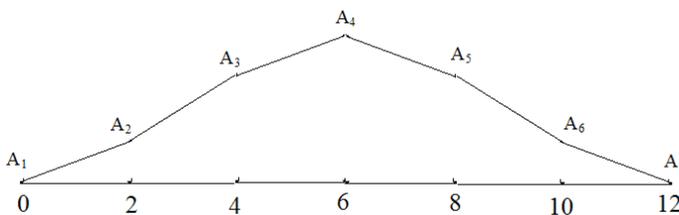
$$F_{\min} = 27,16705.$$

opt. option only one

$$x(1) = 6; \quad y(1) = 2,51.$$

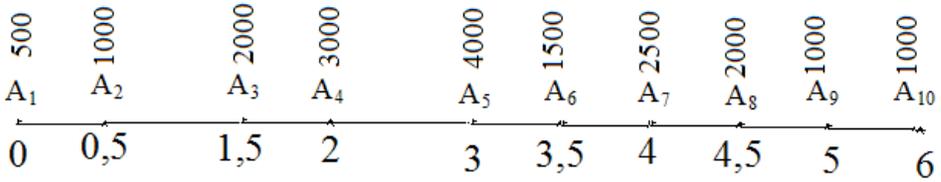
There is one optimal option for location of the rescue service  $O(6; 2,51)$ .

b) The result of the program:



**Pic. 4. Location of seven settlements.**





**Pic. 5. Location of ten settlements on the straight line.**

$$F_{\min} = 15,10434.$$

*opt. option No. 1*

$$x(1) = 2; \quad y(1) = 1.$$

$$x(2) = 8,85; \quad y(2) = 2,13.$$

*opt. option No. 2*

$$x(1) = 3,15; \quad y(1) = 2,13.$$

$$x(2) = 10; \quad y(2) = 1.$$

*There are two optimal symmetric options.*

*The first: one point  $O_1(2, 1)$  – the Fermat point for the triangle  $A_1A_2A_3$ ; and  $O_2(8,85; 2,13)$  – the intersection point of the diagonals of the quadrilateral  $A_4A_5A_6A_7$ .*

*The second:  $O_3(10, 1)$  – the Fermat point for the triangle  $A_4A_5A_7$ ; and  $O_4(3,15; 2,13)$  – the intersection point of the diagonals of the quadrilateral  $A_1A_2A_3A_4$ .*

*c) The result of the program:*

$$F_{\min} = 8,944272.$$

*opt. option only one*

$$x(1) = 1,8; \quad y(1) = 0,9.$$

$$x(2) = 6; \quad y(2) = 4.$$

$$x(3) = 10,2; \quad y(3) = 0,9.$$

*There is one optimal way to place the rescue service  $O_1(1,8; 0,9)$  – a point on the section  $A_1A_2$  (which means that it is possible to take any point of this segment instead);  $O_2(6; 4)$  – the Fermat point for the triangle  $A_3A_4A_5$ ;  $O_3(10,2; 0,9)$  – a point on the section  $A_6A_7$  (which means that it is possible to take any point of this section instead).*

*d) The result of the program application:*

$$F_{\min} = 17,6591.$$

*opt. option only one*

$$x(1) = 2; \quad y(1) = 1.$$

$$x(2) = 8; \quad y(2) = 3.$$

$$x(3) = 12; \quad y(3) = 0.$$

*There is one optimal location option:  $O_1(2; 1)$  – the Fermat point for the triangle  $A_1A_2A_3$ ;  $O_2(8; 3)$  – the Fermat point for the triangle  $A_4A_5A_6$  and  $O_3(12; 0)$  are located at the point  $A_7$ . Rescue services have shifted to the right.*

### Solving problems on the straight line

*The method of optimal location of rescue services on the plane is applicable for optimal location on the line.*

*Example 7. There are 10 settlements located on the line:*

*$A_1(0)$ ;  $A_2(0,5 \text{ km})$ ;  $A_3(1,5 \text{ km})$ ;  $A_4(2 \text{ km})$ ;  $A_5(3 \text{ km})$ ;  $A_6(3,5 \text{ km})$ ;  $A_7(4 \text{ km})$ ;  $A_8(4,5 \text{ km})$ ;  $A_9(5 \text{ km})$ ;  $A_{10}(6 \text{ km})$  (see Pic. 5). In these settlements 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 1500, 2500, 2000, 1000, 1000 people, respectively, live.*

*It is necessary to optimally place: a) one; b) two; c) three; d) four; e) five bus stops.*

*Solution:*

*a) We get*

$$F_{\min} = 42,5.$$

*opt. option only one*

$$x(1) = 3; \quad y(1) = 0.$$

*One bus stop shall be placed at point  $A_5$ .*

*b) Optimal location of two bus stops: at  $A_3$  and  $A_7$ .*

$$F_{\min} = 24.$$

*opt. option only one*

$$x(1) = 1,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 4; \quad y(2) = 0.$$

*c) Optimal location of three bus stops: at  $A_3$ ,  $A_5$  and  $A_8$ .*

$$F_{\min} = 14,5.$$

*opt. option only one*

$$x(1) = 1,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 3; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 4,5; \quad y(3) = 0.$$

*d) Optimal location of four bus stops: at  $A_2$ ,  $A_4$ ,  $A_5$  and  $A_8$ .*

$$F_{\min} = 10,5.$$

*opt. option only one*

$$x(1) = 0,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 2; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 3; \quad y(3) = 0.$$

$$x(4) = 4,5; \quad y(4) = 0.$$

*e) Optimal location of five bus stops: at  $A_2$ ,  $A_4$ ,  $A_5$ ,  $A_9$  and  $A_{10}$ .*

$$F_{\min} = 7,5.$$

*opt. option only one*

$$x(1) = 0,5; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 2; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 3; \quad y(3) = 0.$$

$$x(4) = 4,5; \quad y(4) = 0.$$

$$x(5) = 6; \quad y(5) = 0.$$

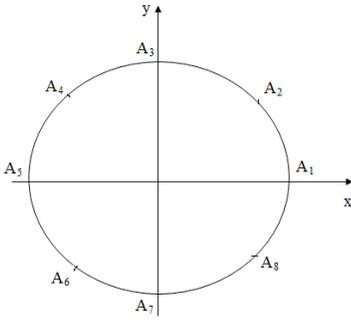
### Cyclic routes

*Let there be  $n$  arranged served objects  $A_1, A_2, \dots, A_n$  forming a cycle, i.e. connections between any neighboring objects and between  $A_1$  and  $A_n$ . As for the route (the ends have no connection), it is necessary to optimally split the served facilities or objects into  $m$  inseparable zones, and to find for each zone the optimal location of the service point so that the total costs are minimal.*

*Considering  $n - m + 1$  route problems ( $A_1, A_2, \dots, A_n$ ;  $A_2, A_3, \dots, A_n, A_1$ ;  $A_3, A_4, \dots, A_n, A_1, A_2$  etc.), any optimal location for the cycle is among the optimal locations of the routes. Therefore, as applied to the cycle, it is necessary to find optimal locations for each individual route and then to choose less costly ones among them.*

*Example 8. The condition of example 5: there are four major objects  $A(0; 0)$ ,  $B(20; 0)$ ,  $C(20; 20)$ ,  $D(0; 20)$  (forming a cycle). The task is to optimally*





**Pic. 6. The location of landing grounds.**

place two rescue helicopter services, if all objects are equally important.

*Solution:* It is necessary to consider  $4-2+1=3$  routes.

1. For the route ABCD in example 5 the answer is already given:

$$F_{\min} = 38,63708.$$

*opt. option No. 1*

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 15,75; \quad y(2) = 15,75.$$

*opt. option No. 2*

$$x(1) = 15,75; \quad y(1) = 4,25.$$

$$x(2) = 0; \quad y(2) = 20.$$

There are two optimal symmetric options.

The first:  $O_1(0, 0)$  and  $O_2(15,75; 15,75)$  – the Fermat point for the triangle BCD (see Pic. 2).

The second:  $O_2$  at point D, and  $O_1(15,75; 4,25)$  – the Fermat point for the triangle ABC (see Pic. 3).

2. For the route BCDA we have:

$$F_{\min} = 38,63708.$$

*opt. option No. 1*

$$x(1) = 20; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 4,25; \quad y(2) = 15,75.$$

*opt. option No. 2*

$$x(1) = 15,75; \quad y(1) = 15,75.$$

$$x(2) = 0; \quad y(2) = 0.$$

There are two optimal symmetric options.

The first:  $O_1(20, 0)$ , and  $O_2(4,25; 15,75)$  – the Fermat point for the triangle ACD.

The second:  $O_2$  at point A, and  $O_1(15,75; 15,75)$  – the Fermat point for the triangle BCD (this option already exists).

3. For the route CDAB we have:

$$F_{\min} = 38,63708.$$

*opt. option No. 1*

$$x(1) = 20; \quad y(1) = 20.$$

$$x(2) = 4,25; \quad y(2) = 4,25.$$

*opt. option No. 2*

$$x(1) = 4,25; \quad y(1) = 15,75.$$

$$x(2) = 20; \quad y(2) = 0.$$

There are two optimal symmetric options.

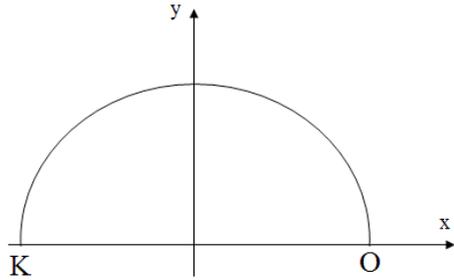
The first:  $O_1(20; 20)$ , and  $O_2(4,25; 4,25)$  – the Fermat point for the triangle ADB.

The second:  $O_2$  at point B, and  $O_1(4,25; 15,75)$  – the Fermat point for the triangle ACD (this option already exists).

We obtain four optimal location options for the cycle ABCD:



**Pic. 7. Schematic location of the road.**



**Pic. 8. Scheme of a section of a homogeneous railway.**

$$1. O_1(0; 0), \text{ and } O_2(15,75; 15,75).$$

$$2. O_1(15,75; 4,25), \text{ and } O_2(0; 20).$$

$$3. O_1(20; 0), \text{ and } O_2(4,25; 15,75).$$

$$4. O_1(20; 20), \text{ and } O_2(4,25; 4,25).$$

Example 9. For providing rescue services for a circle route, representing a circle with a radius of 25 km, 8 landing grounds  $A_1, A_2, \dots, A_8$  (see Pic. 6), are located at the same distance from each other. The intensity of passenger flows is correlated as  $1,5 : 1,8 : 2 : 1,7 : 1,6 : 1,4 : 1 : 1,3$  respectively. It is required to analyze and find the optimal location for:

- one helicopter rescue service;
- two helicopter rescue services;
- three helicopter rescue services.

*Solution:*

a) There is only one optimal location option for one rescue service.

$$F_{\min} = 302,6217.$$

$$x(1) = -0,247; \quad y(1) = 6,13.$$

$O_1(-0,247 \text{ km}; 6,13 \text{ km})$  is optimum.

b) From among the routes  $A_1, A_2, \dots, A_8; A_2, A_3, A_3, \dots, A_1; A_3, A_4, \dots, A_2; A_4, A_5, \dots, A_3; A_5, A_6, \dots, A_4; A_6, A_7, \dots, A_5; A_7, A_8, \dots, A_6$  minimum costs with optimal location of two helicopter rescue services are associated with the route  $A_4, A_5, \dots, A_3$ .

$$F_{\min} = 206,4624.$$

$$x(1) = -22,74; \quad y(1) = -0,64.$$

$$x(2) = 16,2; \quad y(2) = 15,11.$$

$O_1(-22,74 \text{ km}; -0,64 \text{ km}); O_2(16,2 \text{ km}; 15,11 \text{ km})$  – optimal location of two helicopter rescue services.

c) From the analysis of the results for all routes two optimal location options were received:

$$F_{\min} = 206,4624.$$

*opt. option No. 1*

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 25.$$

$$x(2) = -25; \quad y(2) = 0.$$

$$x(3) = 17,68; \quad y(3) = 17,68.$$

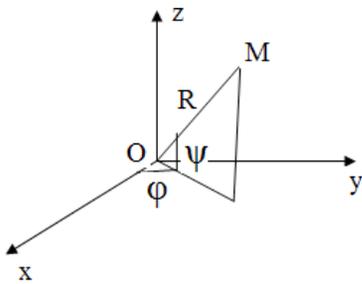
*opt. option No. 2*

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 25.$$

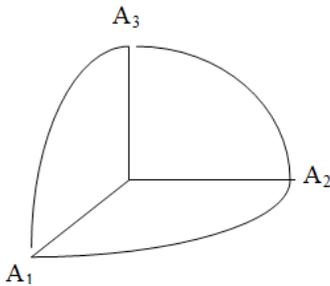
$$x(2) = -17,68; \quad y(2) = -17,68.$$

$$x(3) = 25; \quad y(3) = 0.$$





Pic. 9. Sphere of radius R.



Pic. 10. The location of the route A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>A<sub>3</sub> on the sphere.

So, there are two optimal accommodation options for three rescue services.

The first:  $O_1(0; 25 \text{ km}); O_2(-25 \text{ km}; 0); O_3(17,68 \text{ km}; -17,68 \text{ km})$ .

The second:  $O_1(0; 25 \text{ km}); O_2(-17,68 \text{ km}; -17,68 \text{ km}); O_3(25 \text{ km}; 0 \text{ km})$ .

**Continuous location of objects**

Let's suppose that there is a curve L (on a plane or in space) on which served objects are placed (for example, a railway or road). Let A be a point on the curve, O be the starting point, and K be the end point of the curve (see Pic. 7). Let s be the length of the curve from O to A. To service an object at point A(s), there is a weighting coefficient m(s). Let C be some point from which maintenance will be provided. Then maintenance costs are equal to the curvilinear integral

$$\int_0^k |CA| \cdot m(s) ds.$$

The task is to find the optimal location of the point C, corresponding to the minimum costs.

Let's call the more general task: to break the curve L into m parts, and to find for each part the optimal location of the service point so that the total maintenance costs are minimal.

It is not analytically possible to solve the task (with the exception of trivial tasks), but it is possible to make approximations using the above method. Since the curvilinear integral is the limit of the integral sum (the partitioning step is made constant), and for the integral sum we can find the optimal location, then with a large number of partitions we get the desired approximate solution.

Let's consider specific examples:

Example 10. For a section of a homogeneous ( $m(s) = 1$ ) railway, which is a semicircle with a radius of 30 km (see Pic. 8), it is necessary to find the optimal location for:

- a) one rescue helicopter service;
- b) two rescue helicopter services;
- c) three rescue helicopter services.

Solution:

a) Results of optimal location options with different number of partitions:

partitions = 20	partitions = 40
$F_{\min} = 444,6107.$	$F_{\min} = 871,9875.$
opt. option	opt. option
$x(1) = 0; y(1) = 22,85.$	$x(1) = 0; y(1) = 23,26.$
partitions = 80	partitions = 100
$F_{\min} = 1726,943.$	$F_{\min} = 2154,438.$
opt. option	opt. option
$x(1) = 0; y(1) = 23,43.$	$x(1) = 0; y(1) = 23,48.$

The optimal location (with an accuracy of 50 meters) is located at point O(0; 23,48 km).

b) Results of optimal location in case of different number of partitions:

partitions = 20	partitions = 40
$F_{\min} = 241,5657.$	$F_{\min} = 471,9252.$
opt. option	opt. option
$x(1) = 20,90; y(1) = 19,33.$	$x(1) = 20,64; y(1) = 19,88.$
$x(2) = -20,90; y(2) = 19,33.$	$x(2) = -20,63; y(2) = 19,89.$
partitions = 80	partitions = 100
$F_{\min} = 932,9471.$	$F_{\min} = 1163,457.$
opt. option	opt. option
$x(1) = 20,47; y(1) = 20,14.$	$x(1) = 20,44; y(1) = 20,17.$
$x(2) = -20,47; y(2) = 20,13.$	$x(2) = -20,44; y(2) = 20,18.$

O(0; 23.48 km).

b) Results of optimal location options with different number of partitions:

The optimal location (with an accuracy of 40 meters) is located at points  $O_1(20,44 \text{ km}; 20,17 \text{ km}); O_2(-20,44 \text{ km}; 20,18 \text{ km})$ .

c) Results of optimal location options with different number of partitions:

partitions = 80	partitions = 100
$F_{\min} = 630,09.$	$F_{\min} = 785,7234.$
opt. option	opt. option
$x(1) = 25,63; y(1) = 14,60.$	$x(1) = 25,78; y(1) = 14,37.$
$x(2) = 0; y(2) = 29,50.$	$x(2) = 0; y(2) = 29,46.$
$x(3) = -25,64; y(3) = 14,59.$	$x(3) = -25,78; y(3) = 14,37.$

The optimal location (with an accuracy of 200 meters) is located at points  $O_1(25,75 \text{ km}; 14,37 \text{ km}); O_2(0; 29,46 \text{ km}); O_3(-25,78 \text{ km}; 14,37 \text{ km})$ .

Example 11. The conditions of the previous example are maintained, but the road is heterogeneous –  $m(\phi) = 1 + \phi/\pi$ , i.e. from O ( $m(0) = 1$ ) to K ( $m(\pi) = 2$ ) road conditions worsen. It is required to find the optimal location for:

- a) one rescue helicopter service;
- b) two rescue helicopter services.

Solution:

a) Results of optimal location options with different number of partitions:

partitions = 80	partitions = 100
$F_{\min} = 2524,94.$	$F_{\min} = 3150,322.$
opt. option	opt. option
$x(1) = -6,98; y(1) = 23,04.$	$x(1) = -6,97; y(1) = 23,08.$

The optimal location (with an accuracy of 40 meters) is located at point O (-6,97 km; 23,08 km). Due to the deterioration of the road towards K, the optimum point also shifts to the left.

b) Results of optimal placements with different number of partitions:

partitions = 80	partitions = 100
$F_{\min} = 1378,391.$	$F_{\min} = 1719,109.$
opt. option	opt. option
$x(1) = 16,44; y(1) = 23,22.$	$x(1) = 16,42; y(1) = 23,25.$
$x(2) = -23,09; y(2) = 17,55.$	$x(2) = -23,06; y(2) = 17,61.$

The optimal location (with an accuracy of 60 meters) is located at points  $O_1(16,43 \text{ km}; 23,25 \text{ km}); O_2(-23,06 \text{ km}; 17,61 \text{ km}).$

**Optimization of placement on the sphere**

Let  $M$  be a point on a sphere of radius  $R$  having a longitude coordinate  $\phi$  ( $-\pi \leq \phi \leq \pi$ ) and a coordinate of latitude  $\psi$  ( $(-\pi/2 \leq \psi \leq \pi/2)$ ) (see Pic. 9), then the vector  $OM$  has Cartesian coordinates  $(R \cdot \cos\psi \cdot \cos\phi; R \cdot \cos\psi \cdot \sin\phi; R \cdot \sin\psi).$

Let us have two points on the sphere  $M_1(\phi_1; \psi_1), M_2(\phi_2; \psi_2).$  We denote by  $\omega$  the angle between the vectors  $OM_1$  and  $OM_2$ , then  $\cos \omega = \cos\psi_1 \cdot \cos\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos\phi_2 + \cos\psi_1 \cdot \sin\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \sin\phi_2 + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2 = \cos\psi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos(\phi_2 - \phi_1) + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2.$

From here we get the formula for the distance between the points  $M_1(\phi_1; \psi_1), M_2(\phi_2; \psi_2)$  on the sphere:

$$D = R \cdot \arccos(\cos\psi_1 \cdot \cos\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos\phi_2 + \cos\psi_1 \cdot \sin\phi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \sin\phi_2 + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2) = R \cdot \arccos(\cos\psi_1 \cdot \cos\psi_2 \cdot \cos(\phi_2 - \phi_1) + \sin\psi_1 \cdot \sin\psi_2).$$

Now, similarly to the previous chapters, we solve the problem of the optimal location of service points for objects located on a sphere. The algorithm for solving the problem is the same as shown previously.

Example 12. On a sphere of the radius of 6400 km, the route  $A_1 A_2 A_3$  is given; where  $A_1(0; 0); A_2(\pi/2; 0); A_3(0; \pi/2)$  (see Pic. 10). The weight coefficients of the points are the same.

It is required to find:

a) a point on the sphere for which the sum of the distances to the given points is minimal (the Fermat point on the sphere);

b) two points for which the sum of the distances from the given point to the nearest of these two points is minimal.

Solution:

a) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 28,6595.$$

opt. option

$$x(1) = 0,78544 \quad y(1) = 0,6157.$$

$O(0,7854; 0,6157)$  – the center point of the eighth part of the sphere.

b) there are two optimal location options.

$$F_{\min} = 15,7114.$$

opt. option No. 1	opt. option No. 2
$x(1) = 0; y(1) = 0.$	$x(1) = 0,90; y(1) = 0.$
$x(2) = 1,57; y(2) = 1,28.$	$x(2) = 1; y(2) = 1,57.$

The first:  $O_1(0; 0)$  (at point  $A_1$ ), and  $O_2$  is at any point of the arc  $A_2 A_3$ .

The second:  $O_1$  – at any point of the arc  $A_1 A_2$ ;  $O_2$  is at point  $A_3$ .

Note. The route  $A_1 A_2 A_3$  is considered (there is no  $A_1 A_3$  connection), therefore the solution option  $O_1$  at point  $A_2$  and  $O_2$  at any point of the arc  $A_1 A_3$  is not taken into account.

Example 13. We take the route  $A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 A_6 A_7$ , where  $A_1(0; 0); A_2(\pi/12; \pi/12); A_3(2\pi/12; 2\pi/12); A_4(3\pi/12; 3\pi/12); A_5(4\pi/12; 2\pi/12); A_6(5\pi/12; \pi/12); A_7(6\pi/12; 0).$  The weighting coefficients are related as 2:1,5:1,3:1:1,3:1,5:2. It is required to find: a) one optimal point; b) two optimal points; c) three optimal points.

Solution:

a) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 60,54433.$$

opt. option

$$x(1) = 0,7857; \quad y(1) = 0,4228.$$

b) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 30,8262.$$

opt. option

$$x(1) = 0,26; \quad y(1) = 0,26.$$

$$x(2) = 1,31; \quad y(2) = 0,26.$$

c) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 18,93.$$

opt. option

$$x(1) = 0; \quad y(1) = 0.$$

$$x(2) = 0,785; \quad y(2) = 0,635.$$

$$x(3) = 1,57; \quad y(3) = 0.$$

Example 14. Fifty stations from St. Petersburg to Moscow with their geographical coordinates (e.g., Tver, 56°51'28"N, 35°55'18"E) are taken. The weight coefficients of the stations are equal to the number of residents of settlements. It is necessary to determine the optimal location of rescue helicopter services (or. e.g., of logistics facilities) in: a) one; b) three; c) five; d) seven; e) ten settlements.

Solution:

a) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 5357,119.$$

opt. option

$$x(1) = 0,6570193; \quad 37 \quad 38 \quad 39.$$

$$y(1) = 0,9735325; \quad 55 \quad 46 \quad 45.$$

$O(55°46'45"N, 37°38'39"E)$  – Moscow is the optimal location for one rescue helicopter service.

b) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 131,7336.$$

opt. option

$$x(1) = 0,529522; \quad 30 \quad 20 \quad 21.$$

$$y(1) = 1,046008; \quad 59 \quad 55 \quad 54.$$

$$x(2) = 0,626340; \quad 35 \quad 53 \quad 11.$$

$$y(2) = 0,992498; \quad 56 \quad 51 \quad 57.$$

$$x(3) = 0,657666; \quad 37 \quad 40 \quad 53.$$

$$y(3) = 0,9734444; \quad 55 \quad 46 \quad 27.$$

$O_1(59°55'54"N, 30°20'21"E)$  – St. Petersburg;  $O_2(56°51'57"N, 35°53'11"E); O_3(55°46'27"N, 37°40'53"E)$  – Moscow – the optimal location of three rescue helicopter services.

c) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 99,93713.$$

opt. option

$$x(1) = 0,529522; \quad 30 \quad 20 \quad 21.$$

$$y(1) = 1,046008; \quad 59 \quad 55 \quad 54.$$

$$x(2) = 0,603122; \quad 34 \quad 33 \quad 22.$$

$$y(2) = 1,005301; \quad 57 \quad 35 \quad 58.$$

$$x(3) = 0,626474; \quad 35 \quad 53 \quad 39.$$

$$y(3) = 0,992484; \quad 56 \quad 51 \quad 54.$$

$$x(4) = 0,652459; \quad 37 \quad 22 \quad 59.$$

$$y(4) = 0,975852; \quad 55 \quad 54 \quad 43.$$

$$x(5) = 0,657624; \quad 37 \quad 40 \quad 44.$$

$$y(5) = 0,973372; \quad 55 \quad 46 \quad 12.$$





d) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 83,10983.$$

opt. option

$x(1) = 0,529319;$	30	19	39.
$y(1) = 1,046664;$	59	58	10.
$x(2) = 0,539970;$	30	56	16.
$y(2) = 1,039119;$	59	32	13.
$x(3) = 0,602933;$	34	32	43.
$y(3) = 1,005344;$	57	36	7.
$x(4) = 0,626291;$	35	53	1.
$y(4) = 0,992527;$	56	52	3.
$x(5) = 0,641392;$	36	44	56.
$y(5) = 0,983039;$	56	19	26.
$x(6) = 0,653102;$	37	25	11.
$y(6) = 0,975525;$	55	53	36.
$x(7) = 0,657624;$	37	40	44.
$y(7) = 0,975525;$	55	46	12.

e) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 72,55429.$$

opt. option

$x(1) = 0,529319;$	30	19	39.
$y(1) = 1,046664;$	59	58	10.
$x(2) = 0,539670;$	30	55	14.
$y(2) = 1,039566;$	59	33	45.
$x(3) = 0,562062;$	32	12	13.
$y(3) = 1,027465;$	58	52	9.
$x(4) = 0,603013;$	34	33	0.
$y(4) = 1,005241;$	57	35	45.
$x(5) = 0,610758;$	34	59	37.
$y(5) = 0,995543;$	57	2	25.
$x(6) = 0,626559;$	35	53	57.
$y(6) = 0,992503;$	56	51	58.
$x(7) = 0,641078;$	36	43	51.
$y(7) = 0,982985;$	56	19	15.
$x(8) = 0,649193;$	37	11	45.
$y(8) = 0,976829;$	55	58	5.
$x(9) = 0,653784;$	37	27	32.
$y(9) = 0,975248;$	55	52	39.
$x(10) = 0,657624;$	37	40	44.
$y(10) = 0,973372;$	55	46	12.

Example 15. 50 stations from St. Petersburg to Moscow are considered. The weight coefficients of stations are equal to the number of residents of settlements. It is necessary to determine the optimal location of the stops (not considering St. Petersburg and Moscow): a) one stop; b) two stops; c) four stops; d) six stops; e) eight stops; e) ten stops.

Solution:

a) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 47456,63.$$

opt. option

$$x(1) = 482,95.$$

Optimal placement of one stop – 482,95 in Tver, 419363 people.

b) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 36362,02.$$

opt. option

$$x(1) = 364,2.$$

$$x(2) = 482,95.$$

Optimal location of two stops – Vyshniy Volochek, 47732 people and Tver, 419363 people.

c) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 20287,78.$$

opt. option

$$x(1) = 364,2.$$

$$x(2) = 482,95.$$

$$x(3) = 560,6.$$

$$x(4) = 631,17.$$

Optimal location of four stops – Vyshniy Volochek, 47732 people; Tver, 419363 people; Klin, 79056 people and Khimki 244668 people.

d) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 13131,44.$$

opt. option

$$x(1) = 52,53.$$

$$x(2) = 364,2.$$

$$x(3) = 436,56.$$

$$x(4) = 482,95.$$

$$x(5) = 560,6.$$

$$x(6) = 631,17.$$

Optimal location of six stops – Tosno, 37875 people; Vyshniy Volochek, 47732 people; Likhoslavl, 46031 people; Tver, 419363 people; Klin, 79056 people and Khimki, 244668 people.

e) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 8741,181.$$

opt. option

$$x(1) = 52,53.$$

$$x(2) = 161,71.$$

$$x(3) = 364,2.$$

$$x(4) = 436,56.$$

$$x(5) = 482,95.$$

$$x(6) = 560,6.$$

$$x(7) = 611,18.$$

$$x(8) = 631,17.$$

Optimal location of eight stops – Tosno, 37875 people; Malaya Vishera, 11015 people; Vyshniy Volochek, 47732 people; Likhoslavl, 46031 people; Tver, 419363 people; Klin, 79056 people; Kryukovo, 95645 people; Khimki, 244668 people.

e) there is only one optimal location option.

$$F_{\min} = 5963,371.$$

opt. option

$$x(1) = 52,53.$$

$$x(2) = 117,82.$$

$$x(3) = 319,43.$$

$$x(4) = 364,2.$$

$$x(5) = 436,56.$$

$$x(6) = 482,95.$$

$$x(7) = 560,6.$$

$$x(8) = 584,92.$$

$$x(9) = 611,18.$$

$$x(10) = 631,17.$$

Optimal location of ten stops – Tosno, 37875 people; Chudovo-Moskovskoe, 14730 people; Bologoe-Moskovskoe, 21425 people; Vyshniy Volochek, 47732 people; Likhoslavl, 46031 people; Tver, 419363 people; Klin, 79056 people; Podsolnechnaya, 52642 people; Kryukovo, 95645 people; Khimki, 244668 people.

**Conclusion.**

A mathematical model of optimal servicing of discrete objects, which can be located on a straight line, a plane, in space or on a sphere, is constructed. The results of the study can be applied when planning residential areas, for optimal location of transport stops on roads, optimal location of rescue services for transport, optimal distribution of other transport specific objects, etc. Similar calculations are possible for any aspect of human life.

**REFERENCES**

1. Megiddo, N., Supowit, K. J. On the complexity of some common geometric location problems. *SIAM Journal on Computing*, 1984, Vol. 13, No. 1, pp. 182–196.

2. Tamir, A. An  $O(pn^2)$  algorithm for the  $p$ -median and related problems on tree graphs. *Operations Research Letters*, 1996, Vol. 19, No. 1, pp. 59–64.

3. Brimberg, J., Juel, H., Schöbel, A. Linear Facility Location in Three Dimensions – Models and Solution Methods. *Operations Research*, 2002, Vol. 50, No. 6, pp. 1050–1057.

4. Gusev, A. I. Why do all the Roads Lead to Moscow? *World of Transport and Transportation*, Vol. 3, 2005, Iss. 4, pp. 22–25.

5. Gusev, S. A. Theorems of Resource Allocation. *World of Transport and Transportation*, Vol. 8, 2010, Iss. 3, pp. 30–35.

6. Gusev, A. I., Gusev, S. A. Optimal Location of Rescue Service. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 4, pp. 194–201.

7. Gusev, A. I., Gusev, S. A., Milevsky, A. S. Provision of Optimal Transit Service under Even Distribution of Facilities. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 6, pp. 32–46.

8. Gusev, S. A. Sitting of Rescue Services near One-Sided Transport Hub. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 3, pp. 208–218. ●

Information about the authors:

**Gusev, Anatoly I.** – Ph.D. (Phys.-Math.), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, aigus7@gmail.com.

**Gusev, Sergey A.** – economist of Samolet Development Construction Company, Moscow, Russia, 7781011@gmail.com.

**Milevsky, Alexander S.** – Ph.D. (Phys.-Math.), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, a\_s\_mi@mail.ru.

Article received 26.12.2018, accepted 12.02.2019.



**УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!**

Оформить подписку на журнал «Мир транспорта» можно в любом отделении почтовой связи:

- в каталоге «Газеты. Журналы» Роспечати – подписной индекс 80812.

Журнал выходит шесть раз в год

**DEAR READERS,**

In Russia and CIS countries you can subscribe to the journal *Mir Transporta* (*World of Transport and Transportation*) at any post office using JSC Rospechat catalogue «Newspapers. Journals»: subscription index 80812.

If you want to receive our journal in other countries please send a letter to the editorial office to e-mail addresses indicated on the back cover, we'll try to consider possible variants.

Published bimonthly

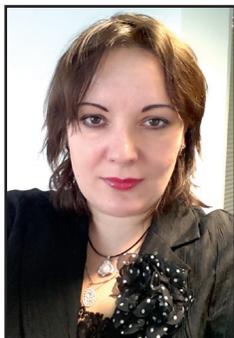
**Журнал «МТ» получают транспортные и ведущие технические вузы, областные, научные и технические библиотеки большинства регионов Российской Федерации, а также библиотечные центры ряда стран СНГ.**

**The journal is delivered by the editor to leading Russian technical and transport universities, national and regional technical libraries of most Russian regions, transport government and public bodies, and companies, as well as to libraries of CIS and other foreign countries.**





## Регулирование отношений в сфере транспорта на основе конвергенции частного и публичного права



Светлана БОРИСОВА

Svetlana V. BORISOVA

### Regulation of the Relations in the Transportation Field based on Convergence of Private and Public Law

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 51)

**В статье предпринята попытка обосновать новый подход к пониманию координационных и субординационных отношений в сфере транспорта: процессы реформирования этой отрасли в России привели к расширению зоны частного правового регулирования и изменению соотношения в применении частноправовых и публично-правовых инструментов в пользу первых. Превалирующий ныне функциональный подход к особенностям складывающихся отношений должен обеспечивать связь руководства отраслью (управление ею) с хозяйственной практикой как объектом упорядочивающего воздействия. В данный момент созданы предпосылки для выделения трёх видов соответствующих организационных моделей: государственной, хозяйственной (для всех видов транспорта) и корпоративной (например, на железнодорожном и воздушном транспорте).**

**Ключевые слова:** транспортное право, публичное право, частное право, концепция транспортного права, государственное управление, хозяйственное управление, корпоративное управление, холдинг.

*Борисова Светлана Валентиновна – кандидат юридических наук, доцент кафедры гражданского права, международного частного права и гражданского процесса Юридического института Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

**П**роблема соотношения публичного и частного права как средств юридической централизации и децентрализации является краеугольным камнем юриспруденции на протяжении всего периода существования права, находясь в прямой зависимости от содержания политико-экономической организации общества и господствующих в нём представлений. По справедливому замечанию И. А. Покровского, «граница между публичным и частным правом на протяжении истории далеко не всегда проходила в одном и том же месте, области одного и другого многократно менялись» [1, с. 40].

Подобную тенденцию сегодня можно наблюдать на примере транспорта. В условиях рыночных реформ и реструктуризации созданы организационно-правовые предпосылки для формирования инновационной модели правового регулирования транспортной отрасли. Государственно-правовая организация транспортных отношений ныне принципиально отличается от модели функционирования в советский период. Усложнение субординационных и координационных связей на транспорте с конца 90-х годов прошлого века объясняется массовой приватизацией имущества, появлением особых субъектов хозяйствования, распространением режима предпринимательской деятельности.

Это привело к расширению сферы частноправового регулирования и изменению соотношения в применении частноправовых и публично-правовых средств в сторону первых.

## **ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННОСТИ – РАЗДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИЙ**

Ранее отношения в сфере транспорта группировались в два основных блока – государственное управление и процессы перевозок, которые являлись соответственно объектами публично-правового и частноправового воздействия. Специфика современного хозяйствования на транспорте, не связанного с перевозками, диктует потребность в новой правовой модели организации имущественных связей хозяйствующих субъектов (вещных, обязательственных, корпоративных и пр.) и включения её в единый механизм правового регулирования отношений в транспортной сфере.

Это находит своё подтверждение в программных документах органов исполнительной власти, регулирующих процессы реформирования. Так, в соответствии с программой структурной реформы на железнодорожном транспорте, осуществляемой с конца 1990-х годов, на первом этапе была поставлена и успешно осуществлена задача по разделению функций государственного управления и организации хозяйственной практики с одновременным выделением из монопольной структуры конкурентных видов деятельности [2].

Согласно Стратегии развития железнодорожного транспорта до 2030 года обеспечивается эффективное сочетание государственного регулирования и рыночных механизмов саморегулирования. Отмечается, что основными средствами государственного регулирования в естественно-монопольном сегменте рынка железнодорожных услуг являются: установление фиксированных тарифов на базе экономически обоснованных затрат субъектов регулирования и нормативной прибыли с учётом нормативной рентабельности собственного (инвестированного) капитала; установление предельных уровней тарифов; регулирование недискриминационного доступа; досудебное урегулирование споров в части применения тарифов; ведение реестра регулируемых сегментов естественно-монопольных рынков, субъектов естественных монополий, работ (услуг), относящихся к их сфере. К основным механизмам государственного регулирования

в конкурентном сегменте относятся: регулирование поведенческих условий деятельности субъектов рынка (антимонопольное регулирование); поддержание и развитие условий для эффективного саморегулирования рынка услуг железнодорожного транспорта в условиях ценовой и технологической конкуренции [3].

Сложность выявления объекта правового регулирования на транспорте и методов воздействия на него порождали и продолжают вызывать в научной сфере дискуссию о статусе правообразования, регулирующего транспортные отношения, в системе российского права. Большинство авторов оптимизацию нормативной регламентации таких отношений видят в создании комплексных отраслей права и принятии единого кодифицированного акта – Транспортного кодекса РФ.

Идея комплексного подхода к регулированию отношений в сфере транспорта поддерживается многими исследователями. В основе их рассуждений находится тезис о том, что особенностью правовых норм, регламентирующих транспортные отношения, является то, что они, с одной стороны, регулируют властно-организационные отношения, традиционно являющиеся предметом административного права (отношения по вертикали), а с другой – имущественные отношения (например, в сфере перевозок), составляющие предмет гражданского права (отношения по горизонтали). Так, по мнению А. Г. Калпина, российское транспортное право представляет собой комплексную отрасль права, регулиующую общественные отношения, возникающие в связи с перевозкой и иной деятельностью транспорта по выполнению его функций [4].

А. И. Бобылев под транспортными отношениями справедливо понимал разнородные по своей правовой природе, содержанию и субъектному составу отношения. К таким он причислял: отношения при создании транспортных организаций различных организационно-правовых форм; отношения, связанные с перевозкой; трудовые отношения; отношения по рациональному использованию природных ресурсов; отношения в сфере государственного управления транспортным комплексом и другие [5].

Автор учебника по транспортному праву В. А. Егиазаров отмечает, что общая цель объединения в едином комплексе транспортного права норм различных отраслей права (гражданского, административного, трудо-



вого, земельного и т.д.) состоит в регулировании деятельности каждого из видов транспорта как единой транспортной системы страны. Учёный предлагает внутри транспортного права как комплексной отрасли выделять общую (заключение долгосрочных договоров, подача транспортных средств, ответственность за невыполнение обязательств, тарифы, предъявление претензий и исков и т.д.) и специальную части (железнодорожное, внутреннее водное, воздушное, морское и автомобильное право). Особенная часть транспортного права регулировала бы отношения внутри каждого вида транспорта с учётом его специфики, например, оформление транспортных документов, порядок лицензирования транспортной деятельности и т.д. [6, с. 8–9].

В цивилистической науке также высказывались суждения о признании самостоятельными отраслями права как транспортного права в целом, так и его отдельных частей, допустим, морского права [7].

### КОНВЕРГЕНЦИЯ КАК БАЛАНС ОТНОШЕНИЙ

На мой взгляд, поиск оптимальной модели системного воздействия на транспортные отношения лежит вне традиционного представления о структурировании системы российского права, то есть о делении его на чётко определённые отрасли в соответствии с предметом правового регулирования.

В праве выявлению объекта нормирования в транспортной сфере должно предшествовать исследование подходов к пониманию постоянно эволюционирующей категории «публичности». Сущностное содержание публичного и частного права, а также их соотношение в правовых системах дореволюционного, советского и современного периодов развития государственности весьма различно. Появление новых сфер общественных отношений, усложнение существующих, включая транспортную, свидетельствуют об изменении способов проявления публичного и частного права в единой материи транспортного права. Это подтверждают создание на транспорте единых хозяйствующих субъектов с публичными целями; заключение договоров участниками холдингов о взаимодействии в публично-правовой сфере, например, в области обеспечения транспортной безопасности; корпоративное (частноправовое) управление

организациями в составе холдинговых групп на транспорте и т.д.

Поэтому простая констатация комплексности транспортного права как совокупности норм различных отраслей должна уступить место новейшей юридической методологии научного познания объективной действительности (в нашем случае – транспортной сферы), а именно, конвергенции частного и публично-го права. В основе данной концепции находится принцип систематизации социальных интересов, позволяющий на уровне механизма правового регулирования выявить общие модели соотношения частных и публичных начал [8, с. 47]. Только такой подход отвечает современным требованиям юридической регламентации реформируемого транспортного комплекса страны. По справедливому замечанию М. Гредингера, одной из самых важных и трудных задач юриспруденции является приведение в единство, гармоническую связь разнообразных явлений правовой жизни [9].

Если государственное управление на транспорте традиционно остаётся предметом публично-правового регулирования, то применение универсальных юридических средств частноправового регулирования в этой отрасли отличается безусловной спецификой. Констатируя множественность частноправовых сфер на транспорте, применение таких средств «в чистом виде» как классических инструментов воздержания от непосредственного и властного воздействия представляется проблематичным. Наличие в частноправовой сфере явно либо опосредованно государственно-властных начал, понятно, обусловлено требованиями обеспечения публичных (общественных и государственных) интересов на транспорте. Сюда можно отнести соблюдение требований транспортной безопасности при осуществлении перевозок, лицензирование отдельных видов перевозочной деятельности, реализация государственной политики в транспортно-имущественных делах через механизм корпоративного управления юридическими лицами (участниками холдинговых структур), обязательное страхование на транспорте и пр. Приведённые случаи являются примерами проникновения публично-правовых средств (публично-го права) в частноправовую материю.

Изучение форм конвергенции публичного и частного права касается не только имущественной стороны функционирования транспорта, но и организации всей отрасли, включая





**Рис. 1. Виды управления на железнодорожном транспорте.**

механизм государственного управления ею, поскольку новейший (функциональный) подход к изучению специфики транспортных отношений должен обеспечивать, как представляется, связь руководства отраслью с хозяйственной практикой как объектом упорядочивающего воздействия.

В этом смысле особый интерес вызывает вопрос об исследовании правовой природы, видов и регламентации организационно-управленческих отношений на транспорте.

Не соглашаясь с позицией административистов об исключительной «принадлежности» отношений управления (подчинения) предмету административно-правового регулирования, стоит указать на универсальный (всеобщий) характер координационных и субординационных связей между субъектами, правоупорядоченных посредством создания и использования соответствующего юридического инструментария, где выбор способа правового воздействия (публичного или частного) зависит от целей их применения субъектом нормотворчества. Управление в публичном праве, осуществляемое в публичных целях, имеет субординационный характер, а управление в частном праве — координационный.

В толковом словаре живого великорусского языка В. Даль даёт несколько значений понятия «управление»: во-первых, «управлять — управлять чем, править, давая ход, направленье»; во-вторых, «распоряжаться — заведывать, быть хозяином, распорядителем чего, порядничать» [10]. Применяя такое толкование управления в транспортно-правовой сфере, отметим, что первое значение более применимо к государственному управлению на транспорте, второе составляет суть управления в имущественной сфере. Так, исходя из характера полномочий ОАО «РЖД», отметим, что то управление, которое оно осуществляет, следует рассматривать с позиции частного права, поскольку сама природа власти здесь специфична — это власть

собственника, хозяйствующего собственника, построенная уже не на субординации, а на координации, основная цель которой — обеспечение страны железнодорожными перевозками, соответствующими работами и услугами, а также извлечение прибыли.

### ТРИ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ

Существуют предпосылки для выделения трёх видов управления на транспорте — организационных моделей: государственной, хозяйственной (для всех видов транспорта) и корпоративной (на уровне холдингов — только в отношении отдельных видов, например, государственного холдинга на железнодорожном транспорте ОАО «РЖД» (рис. 1); на воздушном транспорте — холдинговой компании ПАО «Аэрофлот»).

В публичном и частном праве субъект и объект управления являются основными системообразующими элементами.

Государственное управление на транспорте представляет собой разновидность управления в публичном праве. Оно осуществляется в целях удовлетворения потребностей государства и общества в перевозках посредством реализации государственной политики в транспортной сфере. Субъектами государственного управления на транспорте являются органы исполнительной власти, реализующие свои полномочия в указанной сфере от имени государства. Они имеют статус юридических лиц — некоммерческих унитарных организаций, обладающих властными полномочиями в сфере государственного управления транспортной отраслью (публичные юридические лица). К ним относятся: Министерство транспорта РФ, Федеральная служба по надзору в сфере транспорта, Министерство внутренних дел РФ и др.

Хозяйственное управление на транспорте, осуществляемое корпорациями, в том числе с государственным участием, обеспечивается в первую очередь частноправовым инстру-



ментарием. Оно представляет собой упорядочивающее воздействие на процесс хозяйственной деятельности хозяйствующих субъектов (заключение гражданско-правовых договоров по страхованию объектов транспортной инфраструктуры, распоряжение имуществом, управление интеллектуальной собственностью и пр.). Это внешний, направленный вовне аспект такого воздействия. Хозяйственное управление обеспечивает организацию (координацию) хозяйственной (экономической) деятельности в сфере транспорта. Так, в положении о департаменте управления имуществом ОАО «РЖД» его функции подразумевают организацию учёта, регистрации, а также распоряжение имуществом (совершение не противоречащих законодательству сделок с имуществом) [11]. Управление на транспорте характеризуется как статикой, так и динамикой отношений. С одной стороны, это процесс упорядочения отношений по принадлежности имущества хозяйствующему субъекту (учёт имущества), с другой – взаимодействие с другими участниками гражданского оборота посредством заключения гражданско-правовых сделок.

Особым объектом хозяйственного управления выступают имущественные комплексы, например, вокзал как элемент железнодорожной инфраструктуры. Под ним понимается комплексный объект недвижимости – часть вокзального комплекса и железнодорожной станции (пассажи́рского остано́вочного пункта), здание или комплекс зданий и сооружений, расположенных на земельных участках, являющихся федеральной собственностью, состоящих из помещений, предназначенных для обслуживания пассажиров и других пользователей услуг железной дороги, размещения служебного персонала [12].

Коммерческое использование интеллектуальной собственности в системе ОАО «РЖД» обеспечивает, в частности, стандарт СТО РЖД 1.08.011-2010 «Инновационная деятельность в ОАО «РЖД». Правила коммерческого использования результатов интеллектуальной деятельности» [13], в котором определяется, что управление интеллектуальной собственностью представляет собой совокупность мероприятий, направленных на оптимальное использование этого ресурса для достижения целей правообладателя.

На железнодорожном транспорте создана модель корпоративного управления холдингом.

При этом вопросы корпоративного управления в России, в том числе в сфере транспорта, не имеют должного законодательного регулирования и продолжают оставаться наиболее дискуссионными в современной отечественной доктрине частного права. Определение корпоративного управления не содержится ни в Гражданском кодексе РФ, ни в специальных законах, регламентирующих деятельность корпораций.

Восполнить законодательный пробел пытаются субъекты локального нормотворчества – хозяйствующие субъекты. Так, кодексы корпоративного управления и аналогичные локальные акты приняты в крупных хозяйствующих субъектах на транспорте с участием государства: кодекс корпоративного поведения ПАО «Аэрофлот» (утв. годовым общим собранием акционеров, протокол № 40 от 28 июня 2017 г.), кодекс деловой этики ОАО «РЖД» (утв. решением совета директоров от 30.03.2015 г., протокол № 3), порядок корпоративного управления ОАО «Российские железные дороги» хозяйственными обществами, акциями (долями) которых оно владеет (утв. советом директоров ОАО «РЖД» 30 июня 2004 г.) и др.

Корпоративное управление на транспорте, являясь разновидностью управления в частном праве, возникает в рамках корпоративных отношений и обеспечивает:

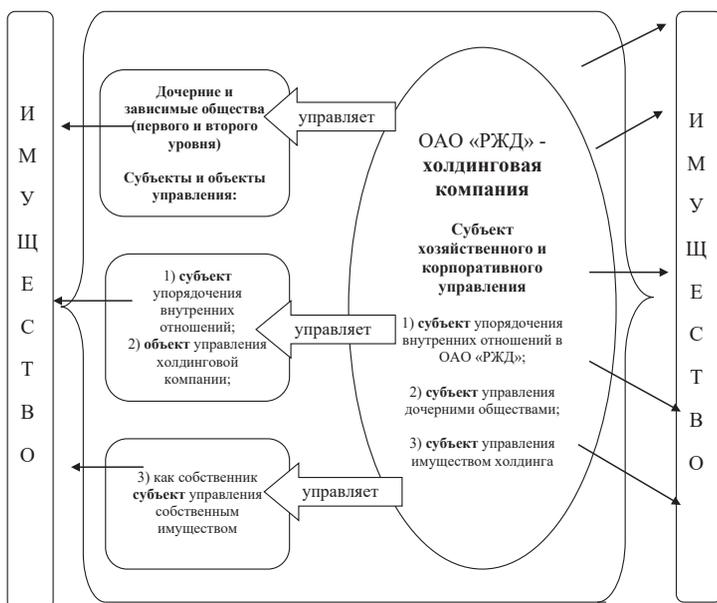
а) организационное единство внутри корпораций на транспорте, созданных в форме хозяйственных обществ (управление внутри корпораций);

б) координацию их деятельности в составе неправосубъектных объединений, холдингов (управление корпорациями).

## ХОЛДИНГ

Корпоративное управление на транспорте регламентируется законодательством на двух уровнях. Во-первых, на уровне федеральных законов и подзаконных нормативных актов (прежде всего – это закон об акционерных обществах [15], закон об обществах с ограниченной ответственностью [16]). Во-вторых, данные отношения, как уже отмечалось, являются областью локального нормотворчества.

Институт корпоративного управления в России, кроме федеральных законов о корпорациях, поддерживается специальными подзаконными актами, актуализирующими специфику участия в них публично-право-



**Рис. 2. Хозяйственное и корпоративное управление на железнодорожном транспорте.**

вых образований: приказ Росимущества от 03.09.2014 г. № 330 «Об утверждении методических рекомендаций по построению функции внутреннего аудита в холдинговых структурах с участием РФ» [20]; приказ Росимущества от 09.07.2014 г. № 253 «Об утверждении методических рекомендаций по формированию положения о вознаграждениях и компенсациях членов ревизионной комиссии акционерного общества с участием РФ» [21]; приказ Росимущества от 22.08.2014 г. № 306 «Об утверждении методики самооценки качества корпоративного управления в компаниях с государственным участием» [22]; приказ Росимущества от 27.03.2014 г. № 94 «Об утверждении методических рекомендаций по организации работы корпоративного секретаря в акционерных обществах с государственным участием» [23] и т.д.

Особенности корпоративного управления видны на примере холдингового объединения на железнодорожном транспорте [24].

Под холдингом «РЖД» в актах локального нормотворчества понимается группа юридических лиц, включающая в себя материнское общество – ОАО «РЖД» – и его дочерние общества, осуществляющие профильные виды деятельности, а также юридические лица, осуществляющие профильные виды деятельности, в которых дочерние общества ОАО «РЖД» сами выступают в качестве контролирующего акционера [25].

Корпоративное управление на железнодорожном транспорте соответствует следующей схеме:

а) управление внутри холдинговой компании ОАО «РЖД» и дочерних обществ первого и второго уровней как корпораций;

б) управление холдингом в целом, включая: 1) управление холдинговой компанией – ОАО «РЖД» – деятельностью дочерних обществ первого уровня и 2) управление дочерними обществами первого уровня в статусе контролирующих акционеров деятельностью дочерних обществ второго уровня.

То есть при таком раскладе ОАО «РЖД» как единый хозяйствующий субъект и холдинговая компания, возглавляющая группу лиц, является субъектом хозяйственного и корпоративного управления на железнодорожном транспорте (рис. 2).

Объектами упорядочивающего воздействия (управления) на транспорте, таким образом, в сфере действия частного права являются:

а) внутриорганизационная деятельность хозяйственного общества как участника холдинга;

б) поведение хозяйствующих субъектов в рамках холдинговых структур, обеспечивающее им координированное функционирование;

в) принадлежащее участникам холдинга имущество.

При этом следует отметить, что особенно-стью управления на транспорте остаётся то, что



юридические лица являются одновременно и объектами, и субъектами управленческих отношений.

Подтверждением указанной позиции является современная концепция управления в частном праве, согласно которой (Ю. С. Харитонов) управленческая деятельность включает три группы отношений: управление лицом, управление коллективным образованием и управление имуществом [26].

В заключение нужно констатировать, что в настоящее время назрела необходимость создать единый сбалансированный механизм публично-правового и частноправового регулирования «вертикальных» и «горизонтальных» отношений в сфере транспорта на основе актуальной сегодня юридической методологии — конвергенции частного и публичного права.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Покровский И. А. Основные проблемы гражданского права. — М.: Статут, 1998. — 353 с.
2. Постановление правительства РФ от 18.05.2001 г. № 384 «О Программе структурной реформы на железнодорожном транспорте» // Собрание законодательства РФ. — 2001. — № 23. — Ст. 2366.
3. Распоряжение правительства РФ от 17.06.2008 г. № 877-р «О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» // Собрание законодательства РФ. — 2008. — № 29 (ч. II). — Ст. 3537.
4. Калпин А. Г. Понятие транспортного права и его место в системе российского права // Государство и право. — 2006. — № 8. — С. 73.
5. Бобылев А. И. Место транспортного права в системе российского права // Государство и право. — 2005. — № 1. — С. 11–14.
6. Егизаров В. А. Учебник по транспортному праву. — Изд. 7-е, доп. и перераб. — М.: Юстицинформ, 2011. — 608 с.
7. Жудро А. К. Правовое регулирование эксплуатации советского морского транспорта / Автореф. дис... канд. юрид. наук. — М., 1953. — 15 с.
8. Коршунов Н. М. Конвергенция частного и публичного права: проблемы теории и практики / Монография. — М.: Норма; Инфра-М, 2011. — 240 с.
9. Гредингер М. О. Опыт исследования безмянных договоров. — Рига, 1893. — 129 с. [Электронный ресурс]: <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89771>. Доступ 22.10.2018.
10. Даль В. И. Толковый словарь живого великорусского языка: В 4 т. — Т. IV. — М.: Рус. яз., 1980. — 683 с.
11. Положение «О Департаменте управления имуществом открытого акционерного общества «Российские железные дороги». Утв. ОАО «РЖД» от 19 мая 2009 г. № 38.
12. СТО РЖД 08.018-2013. Управление железнодорожными вокзальными комплексами. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 05.08.2013 г. № 1694р.
13. СТО РЖД 1.08.011-2010. Инновационная деятельность в ОАО «РЖД». Правила коммерческого использования результатов интеллектуальной деятельности. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 27.12.2010 г. № 2722р.
14. Письмо Банка России от 10.04.2014 г. № 06-52/2463 О Кодексе корпоративного управления // Вестник Банка России. — 2014. — № 40.
15. Федеральный закон «Об акционерных обществах» от 26.12.1995 г. № 208-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 1996. — № 1. — Ст. 1.
16. Федеральный закон «Об обществах с ограниченной ответственностью» от 08.02.1998 г. № 14-ФЗ // Собрание законодательства РФ. — 1998. — № 7. — Ст. 785.
17. Порядок корпоративного управления ОАО «РЖД» хозяйственными обществами, акциями (долями) которых владеет ОАО «РЖД». Утв. советом директоров ОАО «РЖД» 30 июня 2004 г.
18. О Кодексе деловой этики открытого акционерного общества «Российские железные дороги». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 06.05.2015 г. № 1143р. [Электронный ресурс]: <http://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-OAO-RZHD-ot-06.05.2015-N-1143r/>. Доступ 22.10.2018.
19. Положение об информационной политике ОАО «РЖД». Утв. ОАО «РЖД» 21 февраля 2017 г. [Электронный ресурс]: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE\\_ID=704&layer\\_id=5104&id=6817](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=6817). Доступ 22.10.2018.
20. Приказ Росимущества от 03.09.2014 г. № 330 «Об утверждении Методических рекомендаций по построению функции внутреннего аудита в холдинговых структурах с участием РФ». [Электронный ресурс]: <https://bazanpa.ru/rosimushchestvo-prikaz-n330-ot03092014-h2360975/>. Доступ 22.10.2018.
21. Приказ Росимущества от 09.07.2014 г. № 253 «Об утверждении Методических рекомендаций по формированию Положения о вознаграждениях и компенсациях членов ревизионной комиссии акционерного общества с участием РФ». [Электронный ресурс]: <https://tkrfkod.ru/zakonodatelstvo/prikaz-rosimushchestva-ot-09072014-n-253/>. Доступ 22.10.2018.
22. Приказ Росимущества от 22.08.2014 г. № 306 «Об утверждении Методики самооценки качества корпоративного управления в компаниях с государственным участием». [Электронный ресурс]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70627396/>. Доступ 22.10.2018.
23. Приказ Росимущества от 27.03.2014 г. № 94 «Об утверждении Методических рекомендаций по организации работы корпоративного секретаря в акционерных обществах с государственным участием». [Электронный ресурс]: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-rosimushchestva-ot-27032014-n-94-ob/>. Доступ 22.10.2018.
24. Суханов Е. А. Сравнительное корпоративное право. — М.: Статут, 2014. — 456 с.
25. Об утверждении документов, регламентирующих работу с брендами холдинга «РЖД». Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 12 марта 2015 г. № 608р.
26. Харитонов Ю. С. Управление в гражданском праве: проблемы теории и практики. — М.: Норма; Инфра-М, 2011. — 304 с.

Координаты автора: **Борисова С. В.** — [borisovamiit@mail.ru](mailto:borisovamiit@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 22.10.2018, принята к публикации 30.01.2019.

## REGULATION OF THE RELATIONS IN THE TRANSPORTATION FIELD BASED ON CONVERGENCE OF PRIVATE AND PUBLIC LAW

*Borisova, Svetlana V., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

The research attempts to substantiate a new approach to understanding of coordination and subordination relations in the field of transport. Restructuring processes in Russia have resulted in the expansion of the area regulated by private law, and in the change of the ratio of application of private and public law in favor of private law. The prevailing functional approach to peculiarities of

emerging relations should ensure connection of administration of the transport sector with economic practices, which are now a prevailing object of legal regulations. At the moment, the prerequisites have been created for distinguishing three types of corresponding organizational models: state, economic (for all modes of transport) and corporate (for example, regarding railway and air transport).

*Keywords:* transport law, public law, private law, transport law concept, public administration, economic management, corporate governance, holding company.

**Background.** *The problem of correlation of public and private law as instruments of legal centralization and decentralization is the cornerstone of jurisprudence throughout the entire period of existence of law, being directly dependent on the content of the political and economic organization of society and its dominant views. According to a fair comment by I. A. Pokrovsky, «throughout the course of history, the boundary between public and private law did not always pass in the same place, the areas of the one and the other changed many times» [1, p. 40].*

A similar trend can be seen today at the example of transport. In the context of market reforms and restructuring, organizational and legal prerequisites have been created for development of an «innovative» model of legal regulation of the transport industry. The public legal organization of transport relations is now fundamentally different from the model that functioned in the Soviet period. Since the end of the 90s of the last century, complication of subordination and coordination ties in transport has been explained by total privatization of property, emergence of special business entities, proliferation of business activities, and most importantly it has led to extension of the sphere of private law regulation and to changing ratio in application of private law and public law in favor of private law.

**Objective.** *The objective of the author is to consider transport law concept based on convergence of private and public law dominants.*

**Methods.** *The author uses general juridical methods, comparative analysis, evaluation approach.*

### Results.

#### Property redistribution – function sharing

Previously, relations in the field of transport were grouped into two main blocks – public administration and transportation, being respectively objects of public law and private law influence. The specificity of modern business in transport, not related to transportation, dictates the need for a new legal model for organizing property relations of business entities (real estate, obligations, corporate governance and ownership, etc.) and incorporating it into a single mechanism for legal regulation of relations in the transport sector.

This is confirmed in the program documents of the executive bodies regulating restructuring processes. Thus, in accordance with the program of structural reform in railway transport, carried out since the late nineties of the last century, at the first stage, the task was set and successfully accomplished to separate the functions of public administration and organization of economic practices while

simultaneously separating competitive activities from the monopoly structure [2].

According to the strategy of development of railway transport until 2030, an effective combination of state regulation and market self-regulation mechanisms is provided. It is noted that the main means of state regulation in the natural monopoly segment of the railway services market are: establishment of fixed tariffs based on the economically justified costs of the regulated entities and the regulatory profit, taking into account the regulatory profitability of its own (invested) capital; setting tariff limits; regulation of non-discriminatory access; pre-trial settlement of disputes regarding application of tariffs; maintaining a register of regulated segments of natural monopoly markets, subjects of natural monopolies, works (services) related to their field, etc. The main mechanisms of state regulation in the competitive segment include: regulation of behavioral conditions of activity of market entities (antimonopoly regulation); maintenance and development of conditions for effective self-regulation of the market for railway transport services in the conditions of price and technological competition, etc. [3].

The difficulty of identifying the object of legal regulation in transport and methods of influencing it has caused and continues to provoke in the scientific field a discussion on the status of legal model governing transport relations in the system of Russian law. Most authors see the optimization of normative regulation of such relations through creation of complex branches of law and adoption of a single codified act – the Transport Code of the Russian Federation.

The idea of an integrated approach to regulation of relations in the field of transport is supported by many researchers. At the core of their reasoning is the thesis that a feature of legal norms governing transport relations is that, on the one hand, they regulate the power-organisation relations, traditionally being the subject of administrative law (vertical relations), and on the other, property relations (for example, in the field of transportation) that constitute the subject of civil law (horizontal relations). Thus, according to A. G. Kalpin, Russian transport law is a complex branch of law governing social relations arising in connection with transportation and other transport activities regarding performance of its functions [4].

According to A. I. Bobylev transport relations are heterogeneous in their legal nature, content, and subject composition. He quoted: relations in creation of transport organizations of various organizational and legal forms; transportation related relations; labour relations; relations linked to the rational use of natural



resources; relations in the field of public administration of the transport complex, etc. [5].

The author of the textbook on transport law, V. A. Egiazarov, notes that the common goal of uniting the norms of various branches of law (civil, administrative, labour, land, etc.) in a single complex of transport law is to regulate the activities of each mode of transport as a single transport system of the country. The scientist proposes to single out the general (concluding long-term contracts, vehicles supply, liability for failure to fulfill obligations, tariffs, claims and lawsuits, etc.) and special parts (railway, inland water, air, sea and automobile law) within the transport law as an integrated branch of law. The special part of the transport law would regulate relations within each transport mode taking into account its specifics, for example, registration of transport documents, the procedure for licensing transport activities, etc. [6, pp. 8–9].

In civil science, there were also opinions on recognition of both transport law as a whole and its individual parts, for example, maritime law as independent branches of law [7].

#### **Convergence as a balance of relations**

In my opinion, search for an optimal model of systemic impact on transport relations lies outside the traditional concept of structuring the system of Russian law, that is, dividing it into clearly defined branches in accordance with the subject of legal regulation.

In the field of law to reveal the object of regulation in the transport sphere, the study of one's own approaches to understanding the constantly evolving category of public relationship should precede. The essential content of public and private law, as well as their relationship in the legal systems of the pre-revolutionary, Soviet and modern periods of development of statehood is very different. The emergence of new spheres of social relations, complication of existing, including transport-linked relations, indicate a change in the ways in which public and private law is manifested in a single matter of transport law. This is confirmed by creation of single business entities with public goals in transport; conclusion of contracts by participants of holding companies on interaction in the public law sphere, for example, in the field of transport security; corporate (private) management of organizations in the holding groups of persons in transport, etc.

Therefore, a simple statement of complexity of transport law as a set of norms of various industries must give way to the latest legal methodology of scientific knowledge of objective reality (in our case, the transport sphere), namely, convergence of private and public law. At the heart of this concept is the principle of systematization of social interests, which makes it possible at the level of the mechanism of legal regulation to identify general models of relationship between private and public principles [8, p. 47]. Only such an approach meets the modern requirements of the legal regulation of the reformed transport complex of the country. According to the fair point of M. Gredinger, one of the most important and difficult tasks of jurisprudence is to bring into unity the harmonic connection of various phenomena of legal life [9].

If public administration in transport traditionally remains the subject of public law regulation, the use of universal legal means of private law regulation in this industry is distinguished by unconditional specificity. Acknowledging the multiplicity of private law spheres in transport, the use of such means «in its pure form» as classical instruments of refraining from direct and

power enforced influence seems to be problematic. The presence in the private-law sphere, directly or indirectly, of state-governmental beginnings, is obviously due to the requirements of ensuring public (public and state) interests in transport. This may include compliance with transport safety requirements for transportation, licensing of certain types of transportation activities, implementation of state policy in transport and property affairs through the corporate management mechanism of legal entities (participants in holding structures), compulsory insurance in transportation field, etc. These cases are examples of entry of public legal tools (public law) into private law matter.

The study of the forms of convergence of public and private law concerns not only the property side of transport, but also organization of the entire industry, including the mechanism of state management of it, since the newest (functional) approach to studying the specifics of transport relations should provide, it seems, a link between industry leadership and economic practice as an object of regulating action.

In this sense, of particular interest is the question of the study of the legal nature, types and regulation of organizational and managerial relations in transport.

Disagreeing with the position of administrators about the exclusive «belonging» of management (subordination) relations to the subject of administrative law regulation, it is worth pointing out the universal nature of coordination and subordination relations between subjects, law-ordered through creation and use of appropriate legal tools, where the choice of the method of legal influence (public or private) depends on the purpose of their application by the subject of rule-making. Management in public law, carried out for public purposes, has a subordination character, and management in a private law is of coordination character.

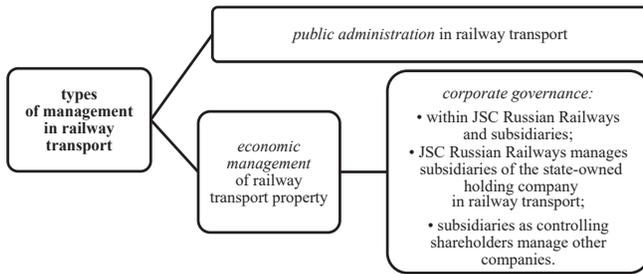
In the Explanatory Dictionary of the Living Great Russian Language, V. Dahl gives several meanings to the concept of «management»: firstly, «to manage is to control something, to rule, to give course, direction»; secondly, «to dispose – to manage, to be the owner, the manager of something, to tidy up» [10]. Applying this interpretation of management in the transport and legal sphere, we note that the first value is more applicable to public administration in transport, the second is the essence of management in the property sphere. So based on the nature of the legal powers of JSC Russian Railways, we note that the management that it exercises should be viewed from the standpoint of private law, since the very nature of power here is a particular one: it is the power of the owner, the economic owner, built no longer on subordination, but on coordination, the main purpose of which is to provide the country with rail transportation, railway services, as well as with profit.

#### **Three organizational models**

There are prerequisites for identifying three types of transport management – organizational models: state, economic (for all modes of transport) and corporate (at the level of holding companies, but only within certain transport modes, for example, within JSC Russian Railways for railways (Pic. 1), public JSC Aeroflot for air transport).

In public and private law, the subject and object of management are the main system-forming elements.

Public administration in transport is a form of administration in public law. It is carried out in order to meet the needs of the state and society for transportation through implementation of state policy in the transport sector. The subjects of public



**Fig. 1. Types of management in railway transport.**

administration in transport are the executive authorities exercising their authority in this area on behalf of the state. They have the status of legal entities – non-profit unitary organizations with authority in the field of public administration of the transport industry (public legal entities). These include: the Ministry of Transport of the Russian Federation, the Federal Service for Supervision in the Field of Transport, the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation, etc.

Economic management in transport, carried out by corporations, including those with state participation, is provided primarily by private law instruments. It represents the ordering effect on the process of economic activity of economic entities (conclusion of civil law contracts on insurance of transport infrastructure facilities, disposal of property, management of intellectual property, etc.). This is an external aspect focused on third parties. In addition, economic management provides organization (coordination) of economic activities in the field of transport. Thus, in the regulation on the property management department of JSC Russian Railways, its functions imply organization of accounting and registration, as well as management of property (transactions with property that do not contradict the law) [11]. Transport management is characterized by both static and dynamic relationships. On the one hand, this is the process of streamlining relations on the ownership of property to an economic entity (property accounting), on the other, interaction with other participants in civil turnover through conclusion of civil law transactions.

Special objects of economic management are property complexes, for example, a railway station as an element of railway infrastructure. It refers to a complex real estate object – part of the station complex and railway station (passenger stopping point), building or complex of buildings and structures located on land plots that are federal property, consisting of premises intended for passenger service and other users of railway services, placement of staff [12].

Commercial use of intellectual property in the system of JSC Russian Railways is ensured, in particular, by the standard STO RZD 1.08.011-2010 «Innovative activity in JSC Russian Railways. Rules for commercial use of intellectual property» [13], in which it is determined that the management of intellectual property is a set of measures aimed at the optimal use of this resource to achieve the objectives of the right holder.

The model of corporate governance of the holding company has been created on the railway transport. Issues of corporate governance in Russia, including in the field of transport, do not have the necessary legislative regulation and continue to be the most debatable in the modern domestic doctrine of private law. The definition of corporate governance is not contained either in the Civil Code of the Russian Federation or in special laws regulating the activities of corporations.

The subjects of local rulemaking, economic entities, are trying to fill the legislative gap. Thus, corporate governance codes and similar local acts were adopted in large transport business entities with state participation: the corporate conduct code of PJSC Aeroflot – Russian Airlines (approved by the annual general meeting of shareholders, Minutes No. 40 of June 28, 2017), code of business ethics of JSC Russian Railways (approved by the decision of the board of directors dated March 30, 2015, Minutes No. 3), the procedure for corporate governance by JSC Russian Railways of business entities whose shares it owns (approved by the board of directors of JSC RZD on June 30, 2004), and others.

Corporate transport governance, being a type of private law management, arises within the framework of corporate relations and provides:

- a) organizational unity within transport corporations created in the form of business societies (management within corporations);
- b) coordination of their activities within non-entity associations and holding companies (corporate management).

#### **Holding company**

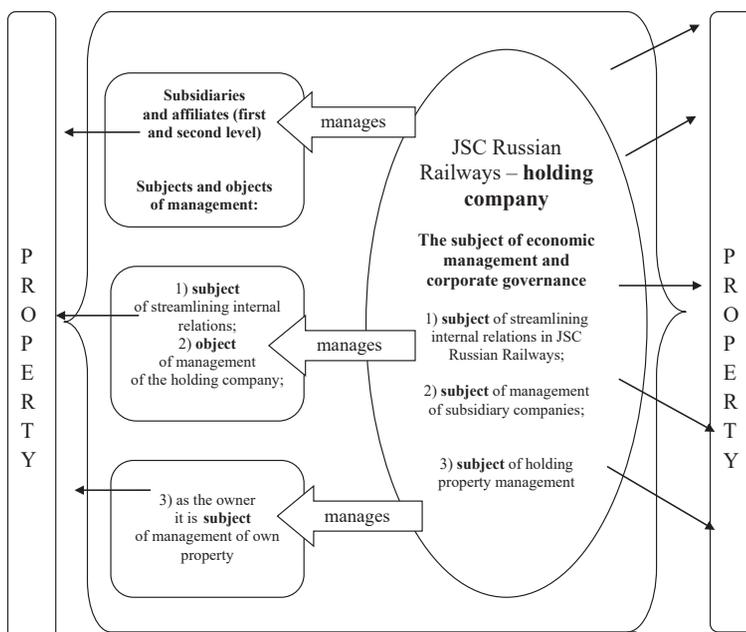
Corporate transport management is regulated by law at two levels. Firstly, there is the level of federal laws and subordination regulatory acts (first of all – the law on joint stock companies [15], the law on limited liability companies [16]). Secondly, these relations, as already noted, are an area of local rulemaking.

The institute of corporate governance in Russia, in addition to the federal laws on corporations, is supported by special bylaws that update the specifics of participation of public law entities in them: Order of the Federal Property Management Agency No. 330 of September 3, 2014 «On Approval of the Methodological Recommendations for Building the Internal Audit Function in Holding Structures with Participation of the Russian Federation» [20]; Order of the Federal Property Management Agency No. 253 of July 9, 2014 «On Approval of the Methodological Recommendations on Formation of the Regulation on Remuneration and Compensation of Members of the Audit Commission of the Joint-Stock Company with Participation of the Russian Federation» [21]; Order of the Federal Property Management Agency No. 306 dated August 22, 2014 «On Approval of the Methodology for Self-Assessment of Quality of Corporate Governance in Companies with State Participation» [22]; Order of the Federal Property Management Agency No. 94 of March 27, 2014, «On Approving Guidelines for Organizing the Work of the Corporate Secretary in Joint-Stock Companies with State Participation» [23], etc.

The features of corporate governance are quite visible at the example of a holding association in railway transport [24].

Under the «Russian Railways» holding, in acts of local rule-making, we mean a group of legal entities,





**Pic. 2. Economic management and corporate governance in railway transport.**

including the parent company – JSC Russian Railways – and its subsidiaries that carry out core activities, as well as legal entities that carry out core activities in which subsidiaries Russian Railways themselves act as a controlling shareholder [25].

Corporate governance in railway transport follows the following scheme:

a) management within the holding company of JSC Russian Railways and subsidiaries of the first and second levels as corporations;

b) management of the holding as a whole, including: 1) management by the holding company – JSC Russian Railways of the activities of first-level subsidiaries and 2) management by first-level subsidiaries in the status of controlling shareholders of the activities of second-level subsidiaries.

That is, in this scenario, JSC Russian Railways, as a single economic entity and a holding company leading the group of persons, is a subject of economic and corporate management in railway transport (Pic. 2).

The objects of the streamlining impact (control) on transport, therefore, in the sphere of private law are:

a) intra-organizational activity of the economic company as a member of the holding company;

b) conduct of business entities within the holding structures, ensuring their coordinated functioning;

c) property belonging to the holding participants. It should be noted that the feature of transport management is that legal entities are both objects and subjects of management relations.

A confirmation of this position is the modern concept of management in private law, according to which (Yu. S. Kharitonova) management activities include three groups of relations: management of a person, management of a collective body (entity) and management of property [26].

**Conclusion.** It should be noted that at present there is a need to create a single balanced mechanism for public law and private law regulation of «vertical» and «horizontal» relations in the field of transport based

on the current legal methodology which is convergence of private and public law.

## REFERENCES

1. Pokrovsky, I. A. Basic problems of civil law [Osnovnye problemy grazhdanskogo prava]. Moscow, Statut publ., 1998, 353 p.
2. Decree of the Government of the Russian Federation No. 384 dated May 18, 2001 «On the Program for the Structural Reform of the Railway Transport» [Postanovlenie pravitelstva RF ot 18.05.2001 No. 384 «O Programme strukturnoi reformy na zheleznodorozhnom transporte»]. Sobranie zakonodatelstva RF, 2001, No. 23, Art. 2366.
3. Order of the Government of the Russian Federation of June 17, 2008 No. 877-p «On the Strategy for Development of Railway Transport in the Russian Federation until 2030» [Rasporyazhenie pravitelstva RF ot 17.06.2008 No. 877-r «O Strategii razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossiiskoi Federatsii do 2030 goda»]. Sobranie zakonodatelstva RF, 2008, No. 29 (part 2), Art. 3537.
4. Kalpin, A. G. The concept of transport law and its place in the system of Russian law [Ponyatie transportnogo prava i ego mesto v sisteme rossiiskogo prava]. Gosudarstvo i pravo, 2006, Iss. 8, p. 73.
5. Bobylev, A. I. Place of transport law in the system of Russian law [Mesto transportnogo prava v sisteme rossiiskogo prava]. Gosudarstvo i pravo, 2005, Iss. 1, pp. 11–14.
6. Egiazarov, V. A. Textbook on transport law [Uchebnik po transportnomu pravu]. 7<sup>th</sup> ed., enl. and rev. Moscow, Yustitsinform, 2011, 608 p.
7. Zhudro, A. K. Legal regulation of operation of the Soviet maritime transport. Abstract of Ph.D. (Law) thesis [Pravovoe regulirovanie ekspluatatsii sovetskogo morskogo transporta. Avtoref. dis... kand. yur. nauk]. Moscow, 1953, 15 p.
8. Korshunov, N. M. Convergence of private and public law: problems of theory and practice. Monograph [Konvergentsiya chastnogo i publichnogo prava: problemy



teorii i praktiki. Monografiya]. Moscow, Norma, Infra-M, 2011, 240 p.

9. Gredinger, M. O. Experience of researching nameless contracts [Opyt issledovaniya bezymyannykh dogovorov]. Riga, 1893, 129 p. [Electronic resource]: <http://www.biblioclub.ru/index.php?page=book&id=89771>. Last accessed 22.10.2018.

10. Dahl, V. I. Explanatory Dictionary of the Living Great Russian Language: 4 volumes [Tolkoviy slovar' zhivogo velikorusskogo yazyka: In 4 t. T. IV]. Moscow, Rus. yaz., 1980, 683 p.

11. Regulation «On the Department of Property Management of the Open Joint-Stock Company Russian Railways». Approved by OJSC Russian Railways on May 19, 2009 No. 38 [Polozhenie «O Departamente upravleniya imushchestvom otkrytogo aktsionernogo obshchestva «Rossiiskie zheleznie dorogi». Urv. OAO «RZD» ot 19 maya 2009 No. 38].

12. STO RZD 08.018-2013. Management of railway station complexes. Approved by Order of JSC Russian Railways dated 05.08.2013, No. 1694r [STO RZD 08.018-2013. Upravlenie zheleznodorozhnymi vokzalnymi kompleksami. Urv. rasporyazheniem OAO «RZD» ot 05.08.2013 No. 1694r].

13. STO RZD 1.08.011-2010. Innovation activity in JSC Russian Railways. Rules of commercial use of intellectual property. Approved by Order of JSC Russian Railways dated 27.12.2010 No. 2722r [STO RZD 1.08.011-2010. Innovatsionnaya deyatel'nost' v OAO «RZD». Pravila kommercheskogo ispolzovaniya rezultatov intellektualnoi deyatel'nosti. Urv. rasporyazheniem OAO «RZD» ot 27.12.2010 No. 2722r].

14. Letter of the Bank of Russia of 10.04.2014 No. 06-522463 «On the Corporate Governance Code» [Pis'mo Banka Rossii ot 10.04.2014 No. 06-522463 O Kodekse korporativnogo upravleniya]. Vestnik Banka Rossii, 2014, No. 40.

15. Federal Law «On Joint-Stock Companies» dated 26.12.1995 No. 208-FZ [Federal'niy zakon «Ob aktsionnykh obshchestvakh» ot 26.12.1995 No. 208-FZ]. Sobranie zakonodatelstva RF, 1996, No. 1, Art. 1.

16. Federal Law «On Limited Liability Companies» dated 08.02.1998, No. 14-FZ [Federal'niy zakon «Ob obshchestvakh s ogranichennoi otvetstvennost'yu» 08.02.1998 № 14-FZ]. Sobranie zakonodatelstva RF, 1998, No. 7, Art. 785.

17. The procedure for corporate governance by JSC Russian Railways of business companies whose shares (shares) are owned by JSC Russian Railways. Approved by Board of Directors of JSC Russian Railways on June 30, 2004 [Poryadok korporativnogo upravleniya OAO RZD khozyaistvennymi obshchestvami, aktsiyami (dolyami) kotorykh vladeet OAO RZD. Urv. sovetom direktorov OAO «RZD» 30 iyunya 2004].

18. About the Code of Business Ethics of Open Joint-Stock Company Russian Railways. Approved by Order of OJSC Russian Railways dated 06.05.2015 No. 1143r [O Kodekse delovoi etiki otkrytogo aktsionernogo obshchestva Rossiiskie zheleznie dorogi. Urv. rasporyazheniem OAO RZD ot 06.05.2015 No. 1143r]. [Electronic resource]: <http://rulaws.ru/acts/Rasporyazhenie-OAO-RZHD-ot-06.05.2015-N-1143r/>. Last accessed 22.10.2018.

19. Regulations on the Information Policy of JSC Russian Railways. Approved by JSC Russian Railways on

February 21, 2017 [Polozhenie ob informatsionnoi politike OAO «RZD». Urv. OAO «RZD» 21 fevralya 2017]. [Electronic resource]: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE\\_ID=704&layer\\_id=5104&id=6817](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=6817). Last accessed 22.10.2018.

20. Order of the Federal Property Management Agency No. 330 of September 3, 2014 «On Approval of the Methodological Recommendations for Building of the Internal Audit Function in Holding Structures with Participation of the Russian Federation» [Prikaz Rosimushchestva ot 03.09.2014 No. 330 «Ob utverzhenii Metodicheskikh rekomendatsii po postroeniyu funktsii vnutrennego audita v kholdingovykh strukturakh s uchastieem RF»]. [Electronic resource]: <https://bazanpa.ru/rosimushchestvo-prikaz-n330-ot03092014-h2360975/>. Last accessed 22.10.2018.

21. Order of the Federal Property Management Agency No. 253 of July 9, 2014 «On Approval of the Methodological Recommendations on Formation of the Regulation on Remuneration and Compensation of Members of the Audit Commission of the Joint-Stock Company with Participation of the Russian Federation» [Prikaz Rosimushchestva ot 09.07.2014 No. 253 «Ob utverzhenii Metodicheskikh rekomendatsii po formirovaniyu Polozheniya o vozmagrazhdaniyakh i kompensatsiyakh chlenov revizionnoi komissii aktsionernogo obshchestva s uchastieem RF»]. [Electronic resource]: <https://tkrfkod.ru/zakonodatelstvo/prikaz-rosimushchestva-ot-09072014-n-253/>. Last accessed 22.10.2018.

22. Order of the Federal Property Management Agency No. 306 dated August 22, 2014 «On Approval of the Methodology for Self-Assessment of Quality of Corporate Governance in Companies with State Participation» [Prikaz Rosimushchestva ot 22.08.2014 No. 306 «Ob utverzhenii Metodiki samoootsenki kachestva korporativnogo upravleniya v kompaniyakh s gosudarstvennym uchastiem»]. [Electronic resource]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70627396/>. Last accessed 22.10.2018.

23. Order of the Federal Property Management Agency No. 94 of March 27, 2014. «On Approving Guidelines for Organizing the Work of the Corporate Secretary in Joint-Stock Companies with State Participation» [Prikaz Rosimushchestva ot 27.03.2014 No. 94 «Ob utverzhenii Metodicheskikh rekomendatsii po organizatsii raboty korporativnogo sekretarya v aktsionnykh obshchestvakh s gosudarstvennym uchastiem»]. [Electronic resource]: <http://legalacts.ru/doc/prikaz-rosimushchestva-ot-27032014-n-94-ob/>. Last accessed 22.10.2018.

24. Sukhanov, E. A. Comparative Corporate Law [Srvnitel'noe korporativnoe pravo]. Moscow, Statut, 2014, 456 p.

25. On approval of documents regulating work with the brands of the holding company Russian Railways. Approved by Order of JSC Russian Railways of March 12, 2015 No. 608r [Ob utverzhenii dokumentov, reglamentiruyushchikh rabotu s brendami kholdinga «RZD». Urv. rasporyazheniem OAO «RZD» ot 12 marta 2015 No. 608r].

26. Kharitonova, Yu. S. Management in civil law: problems of theory and practice [Upravlenie v grazhdanskom prave: problem teorii i praktiki]. Moscow, Norma, Infra-M, 2011, 304 p. ●

Information about the author:

**Borisova, Svetlana V.** – Ph.D. (Law), associate professor of the department of Civil law, international private law and civil process of Law Institute of Russian University of Transport, Moscow, Russia, borisovamiit@mail.ru.

Article received 22.10.2018, accepted 30.01.2019.



# Модель определения оптимальных траекторий перемещения партий грузов



Василий ДЕМИН  
Vasily A. DEMIN

Себастиан ОЙРИХ  
Sebastian EURICH



Дмитрий ЕФИМЕНКО  
Dmitry B. EFIMENKO

*Демин Василий Александрович – кандидат технических наук, заместитель директора Координационного совета по логистике, директор НОЦ инновационных технологий в логистике Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.*  
*Ойрих Себастиан – доктор-инженер, Институт логистики и обработки материальных потоков, Магдебург, Германия.*  
*Ефименко Дмитрий Борисович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой правового и таможенного регулирования на транспорте МАДИ, Москва, Россия.*

## Model for Determining the Optimal Trajectory of Movement of Consignments

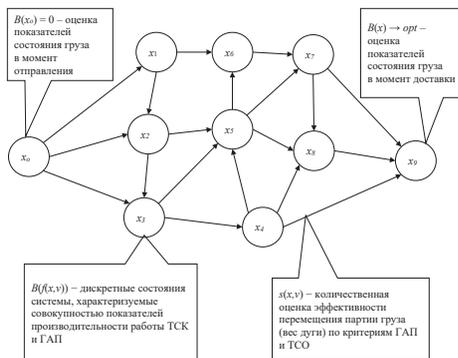
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 60)

**Представленная модель определения оптимальных траекторий перемещения партий грузов, формирующих грузопотоки в транспортно-логистических системах (ТЛС), основана на совмещении динамических систем и методов многокритериальной оптимизации.**

**Данный подход развивает методологию решения прикладных задач управления в ТЛС, центральным результатом которой является принцип нахождения максимума при условии соблюдения критериальных предпочтений, базирующийся на эффективном средстве решения проблемы – методах определения множества эффективных планов (множества Парето). При этом управление в ТЛС формирует модели грузопотоков с учётом месторасположения транспортно-складских комплексов в границах исследуемой или проектируемой системы и обеспечивает движение партий грузов по заданным критериям эффективности и наиболее рациональным траекториям с помощью методов аналитического моделирования. Аналитика в совокупности с цифровыми технологиями помогает увидеть суть ТЛС как подсистемы интеллектуальных транспортных систем.**

**Ключевые слова:** система управления, транспортно-логистическая система, аналитическая модель, грузовые перевозки, транспортно-складской комплекс, динамическое программирование, цифровые технологии.

**М**одель управления в транспортно-логистической системе (ТЛС) имеет сложную многоуровневую и многокомпонентную иерархическую структуру [1, с. 36; 2, с. 52]. Поэтому причинно-следственные связи при организации перевозочного процесса в ТЛС с развитой инфраструктурой транспортно-складских комплексов (ТСК) должны быть формализованы посредством адекватного математического описания, оптимизирующего выработку рациональных решений по формированию едионаправленного взаимодействия эксплуатантов транспортной инфраструктуры (автотранспортных предприятий, ТСК и др.). Разработка аналитической модели управления в ТЛС в рамках объектно-ориентированной методологии получения оптимальных решений в сложных организационно-технических системах позволит реализовать процесс управления грузопотоками как отдельный сервисный домен или подсистему интеллектуальной транспортной системы (ИТС) в соответствии с требованиями ГОСТ [3, п. 4.1.1, с. 12].



**Рис. 1. Конечный условный граф возможных перемещений партии груза в динамической системе с дискретными состояниями в ТЛС.**

Для решения задачи определения оптимальных траекторий перемещения партий груза в ТЛС примем следующие положения:

1. Цикл транспортного процесса в ТЛС следует рассматривать не как систему многофазового массового обслуживания дискретного типа с конечным множеством состояний, а как дискретную динамическую систему, функционирующую в условиях недостаточности информации или неопределённого состояния среды, требующую применения для оценки её эффективности методов многокритериального динамического программирования [4, с. 33].

2. В зависимости от целей и, соответственно, задач прогнозирования процесса критерии эффективности в сети могут принципиально отличаться как для различных участков ТЛС, так и для одного из них при изменении состояния внешней среды, определяемого дискретными во времени параметрами транспортно-складского обслуживания (ТСО) и грузовых автомобильных перевозок (ГАП).

3. Решение задач оптимизации должно опираться на множество эффективных планов, оптимальных по Парето для отдельных участков ТЛС в зависимости от степени важности или доминирования того или иного критерия [5, с. 89; 6, с. 148].

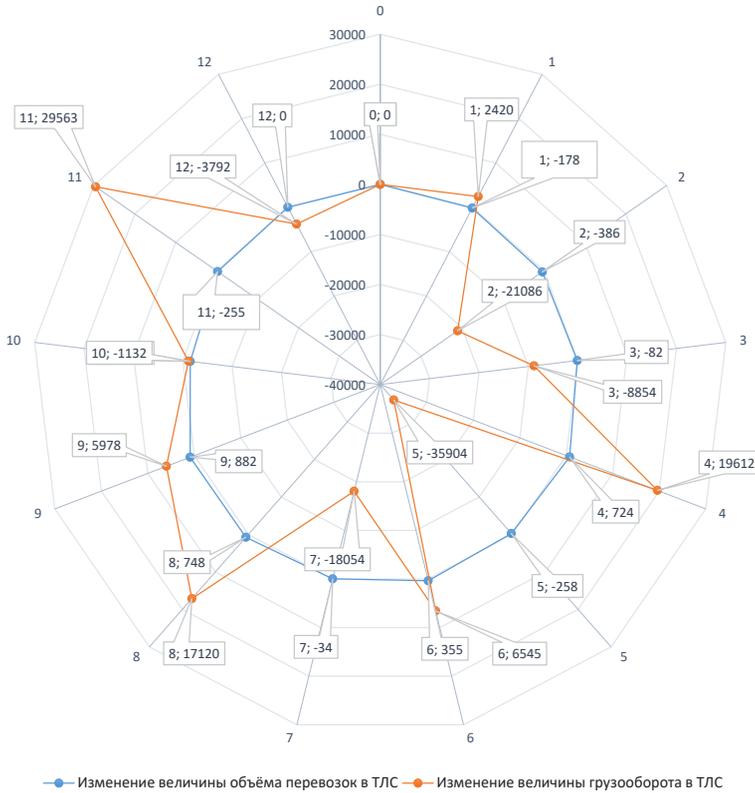
## МЕТОДИКА

Как известно, в основе метода динамического программирования лежит принцип последовательного анализа процесса, изменяющегося во времени. Обычно при определении рекуррентных соотношений динамического программирования во внимание берётся дискретность управляемой системы и синтезируется оптимальная траектория последовательных решений,

что позволяет строить оптимальные траектории грузодвижения в ТЛС [7, с. 11]. Основным недостатком применения динамического программирования является отсутствие единого алгоритма решения, пригодного абсолютно для всех прикладных задач. Данный метод даёт лишь общие направленные решения конкретной задачи, и поэтому в каждом случае приходится находить наиболее подходящий метод оптимизации процесса по обоснованным критериям эффективности. Кроме того, традиционно рассматриваются динамические системы, в которых в качестве управляемого параметра принимается только один критерий, в то время как для динамической системы с дискретными состояниями в ТСК необходимо учитывать многочисленные показатели, сгруппированные в комплексы критериев ТСО и ГАП. Поэтому, применяя метод динамического программирования как метод оптимизации в ТЛС, необходимо реализовать одновременный учёт значений значительного количества показателей ТСО и ГАП в решаемой экстремальной задаче, последовательно применяя каждый из них (по ряду критериев) в зависимости от условий и состояния среды ТЛС на данный момент времени. Следовательно, процедура выявления значений переменных в создаваемой модели может трактоваться как многоэтапный процесс управления в интегрированной системе показателей ТСО и ГАП.

Систему ТЛС ( $\Omega$ ) можно представлять конечным взвешенным ориентированным графом  $G(\Omega)$ , вершины которого взаимно однозначно соответствуют состояниям системы (параметры ТСО и ГАП), дуги — управляемым перемещениям партии груза, веса дуг — количественным оценкам эффективности соответствующих переходов





**Рис. 2. Диаграмма распределения изменений значений математического ожидания результативных показателей в нормированных единицах для дискретных состояний параметров грузопотоков в ТЛС.**

(рис. 2). Построение оптимальной траектории перемещения партии груза в ТЛС основано на принципе Беллмана (рис. 1):  $B(x) = \min_{v \in V(x)} \{s(x, v) + B(f(x, v))\}$ ,  $(x \in D|F)$ . (1)

Определение рациональных траекторий перевозок партий грузов базируется, кроме указанного принципа Беллмана, и на аналитическом решении многокритериальной задачи оптимизации для отдельных элементов системы (2). При этом процедура определения значений переменных трактуется как многоэтапный процесс управления перемещением партий грузов ТЛС.

1. Каждому ТСК соответствует множество возможных состояний в зависимости от результативных показателей ГАП и ТСО, объединённых в единый цикл транспортного процесса.

2. Управление в системе реализуется пошагово для отдельной партии груза после определения эффективного решения и применения его в качестве одного из конечного числа возможных распределений груза на ТСК.

3. Конечным результатом последовательных воздействий будет изменение состояния системы, определяемое степенью загруженности отдельных ТСК. Полученные результаты решения дискретной рационализации методом динамического программирования оформляются в виде рациональной траектории перемещения партии груза в ТЛС:

$$\begin{cases} B(x) = \max_{v \in V(x)} \{ D_{i(x)} + B(f(D_{i(x)})) \}, (x \in D|F), \\ D_{i(x)} = \sum_{j=1}^n b_{ij} c_j \rightarrow opt, \\ \sum_{j=1}^n c_j = 1, 0 \leq c_j \leq 1, c_j \geq c_{j+1}, i = \overline{1, n-1}, \end{cases} \quad (2)$$

где  $D_{i(x)}$  – количественная оценка эффективности перемещения партии груза (вес дуги) по критериям ГАП и ТСО;  $B(f(D_{i(x)}))$  – дискретные состояния системы, характеризующие совокупностью показателей производительности работы ТСК и ГАП;  $b_{ij}$  – нормированные значения результативных показателей ТСО и ГАП;  $c_j$  – коэффици-

циенты относительной важности резуль-  
тивных показателей ТСО и ГАП.

*Пример.* Формирование рациональной траектории перемещения одной партии груза в ТЛС позволяет определить общую структуру грузопотоков при заявленных объёмах перевозок в системе (объём грузов, перевозимый и планируемый к перевозкам). Далее определяется абсолютный грузооборот отдельных ТСК как суммарное количество грузов различных партий, переработанных через ТСК за определённый период времени (сутки, месяц, год):

$$\Gamma = \sum \frac{Q_i}{K_{\text{пер}i}}, \quad (3)$$

где  $\Gamma$  – грузооборот,  $\text{м}^3$ ;  $Q_i$  – объём грузов, проходящий через ТСК за период времени по  $i$ -й грузовой группе;  $K_{\text{пер}i}$  – коэффициент перевода объёма грузов в тоннах (объём перевозки в ГАП) к объёму грузов в  $\text{м}^3$  (объём складирования в ТСК) в выражении,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

Общий объём погрузочно-разгрузочных работ за единицу времени на ТСК или *грузопереработка* упрощённо определяется по формуле:

$$\Gamma\Pi = \sum_{i=1}^n Q_{zi} k_i, \quad (4)$$

где  $\Gamma\Pi$  – годовая грузопереработка, тыс. т-операций /год;  $Q_{zi}$  – годовой грузопоток  $i$ -го груза, тыс. т /год;  $k_i$  – коэффициент перевалки  $i$ -го груза, операций;  $n$  – количество наименований грузов, поступающих на склад.

Результаты вычислительного эксперимента получения оптимальных траекторий, проведённого для 100 партий груза в системе ТЛС, представлены на рис. 2 в виде диаграммы распределения изменений значений (увеличения, уменьшения) математического ожидания результивных показателей (объём перевозки и грузооборот) в нормированных единицах для дискретных состояний параметров ТЛС.

## ВЫВОДЫ

Полученные результаты при применении методики определения оптимальных траек-

торий грузопотоков являются значениями входных информационных потоков в системе грузопереработки отдельных ТСК и являются базой для формирования цифровой информационно-аналитической системы управления в ТЛС. Решение задачи определения рациональных параметров ТСО как функции, находящейся в одной логистической цепи с параметрами ГАП, позволит сократить простой автомобилей и рационализировать производственные мощности ТСК.

Принципиальным отличием полученного решения является то, что для прикладной задачи построения динамических систем в качестве управляемого параметра принимается не один, а несколько критериев. При этом реализуется модель аналитического решения в динамических задачах, основанная на поиске разумного компромисса, заключающегося в выборе управления, удовлетворяющего экстремальным значениям одновременно по всем исследуемым критериям ТСО и ГАП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горев А. Э. Основы теории транспортных систем: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.
2. Котиков Ю. Г. Основы системного анализа транспортных систем: Учеб. пособие. – СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 264 с.
3. ГОСТ Р ИСО 14813–1–2011. Интеллектуальные транспортные системы. Схема построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем. Часть 1. Сервисные домены в области интеллектуальных транспортных систем, сервисные группы и сервисы.
4. Демин В. А., Карелина М. Ю., Терентьев А. В. Методика достижения динамического баланса между величинами пропускных способностей транспортно-складских комплексов и грузопотоков в логистических системах // Логистика. – 2018. – № 2. – С. 32–36.
5. Прудовский Б. Д., Терентьев А. В. Методы определения множества Парето в некоторых задачах линейного программирования // Записки Горного института. – 2015. – Т. 211. – С. 89–90.
6. Терентьев А. В., Прудовский Б. Д. Методы принятия решений в условиях неопределённого состояния «внешней среды» // Транспортное планирование и моделирование: Сб. трудов Международной научно-практической конференции. – СПб.: СПбГАСУ, 2016. – С. 145–149.
7. Коган Д. И. Динамическое программирование и дискретная многокритериальная оптимизация: Учеб. пособие. – Н. Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та, 2004. – 150 с.

Координаты авторов: **Демин В. А.** – demin@ccl-logistics.ru, **Ойрих С.** – eurichsg-72@gmail.com, **Ефименко Д. Б.** – ed2002@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 27.08.2018, актуализирована 12.03.2019, принята к публикации 14.03.2019.



## MODEL FOR DETERMINING THE OPTIMAL TRAJECTORY OF MOVEMENT OF CONSIGNMENTS

**Demin, Vasily A.**, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

**Eurich, Sebastian**, Institut of Logistics and Material Handling Systems (ILM) of the Otto-von-Guericke University, Magdeburg, Germany.

**Efimenko, Dmitry B.**, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The suggested model for determining the optimal trajectories of moving consignments that form cargo flows in transport and logistics systems (TLS) is based on a combination of dynamic systems and multi-criteria optimization methods. This approach develops a methodology for solving applied control problems in TLS. Its main result is the principle of finding the maximum, subject to the criterion preferences, based on methods for determining the set of effective plans (Pareto set). At the same time,

management in TLS should form models of cargo traffic taking into account the location of transport and storage complexes within the boundaries of the system being studied or designed, as well as should provide for movement of consignments according to specified performance criteria and the most rational trajectories using analytical modeling. Analytics together with digital technologies help to consider the core sense of TLS as of a subsystem of intelligent transport systems.

**Keywords:** management system, transport and logistics system, analytical model, cargo transportation, transport and storage complex, dynamic programming, digital technology.

**Background.** The management model in the transport and logistics system (TLS) has a complex multi-level and multicomponent structure [1, p. 36, 2, p. 52]. Therefore, causal relationships in organization of the transportation process in TLS with a developed infrastructure of transport and storage complexes (TSC) should be formalized through an adequate mathematical description that optimizes development of rational decisions on formation of a single directional interaction of transport infrastructure operators (road transport enterprises, TSC, etc.). The development of analytical management models in TLS as part of an object-oriented methodology for obtaining optimal solutions in complex organizational and technical systems will allow implementing the process of cargo traffic management as a separate service domain or a subsystem of an intelligent transport system (ITS) in accordance with the requirements of standards (e.g. Russian state standard GOST [3, point 4.1.1, p. 12]).

**Objective.** The objective of the authors is to consider model for determining the optimal trajectory of movement of consignments.

**Methods.** The authors use methods of analysis of dynamic systems, multicriteria dynamic programming, Pareto set.

**Results.** To solve the problem of determining the optimal trajectories of movement of consignments in TLS, we adopt the following provisions:

1. The cycle of the transport process in TLS should not be viewed as a discrete type multiphase mass service system with a finite set of states, but as a discrete dynamic system operating in conditions of insufficient information or an unspecified state of the environment, which requires multi-criteria dynamic programming methods for evaluating its effectiveness [4, p. 33].

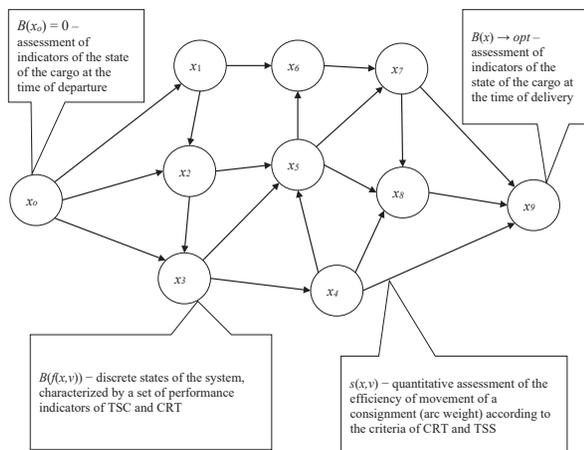
2. Depending on the goals and, accordingly, the tasks of forecasting the process, the efficiency criteria in the network may differ fundamentally both for different sections of TLS and for one of them when the state of the environment changes, determined by time-discrete transport and warehouse service parameters (TSS) and cargo road transportation (CRT) parameters.

3. The solution of optimization problems should be based on a set of effective Pareto-optimal plans

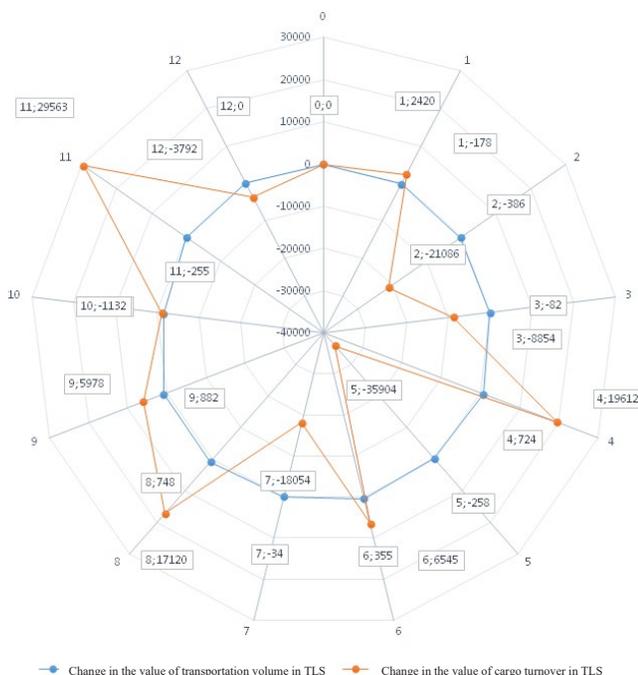
for individual sections of TLS, depending on the degree of importance or domination of one or another criterion [5, p. 89; 6, p. 148].

**The technique.** As it is known, the principle of the consecutive analysis of the process changing in time is the cornerstone of a dynamic programming method. Usually, when determining the recurrent relations of dynamic programming, the discreteness of the controlled system is taken into account and the optimal trajectory of sequential solutions is synthesized, which allows us to build the optimal trajectory of load in TLS [7, p. 11]. The main disadvantage of using dynamic programming is the lack of a single solution algorithm that is absolutely suitable for all applied tasks. This method provides only a general direction for solving a specific problem, and therefore in each case it is necessary to find the most suitable method for optimizing the process according to reasonable performance criteria. Besides, dynamic systems with only one criterion taken as controlled parameter are usually considered, while for a dynamic system with discrete states in TLS, it is necessary to take into account numerous indicators grouped into sets of TSS and CRT criteria. Therefore, applying the dynamic programming method as an optimization method in TLS, it is necessary to realize simultaneous consideration of the values of a significant number of TSS and CRT indicators in solving extremum problem, sequentially applying each of them (according to a number of criteria) depending on the conditions and state of TLS environment at the moment of time. Consequently, the procedure for identifying the values of variables in the model being created can be interpreted as a multi-stage control process in the integrated system of TSS and CRT indicators.

TLS system ( $\Omega$ ) can be represented by a finite weighted directed graph  $G(\Omega)$ , whose vertices correspond one-to-one to the system states (TSS and CRT parameters), arcs correspond to controlled movements of the load, arcs weight correspond to quantitative estimates of the effectiveness of the corresponding transitions (Pic. 2). The construction of the optimal trajectory of movement of a consignment in TLS is based on the Bellman's principle (Pic. 1):



**Pic. 1. The finite conditional graph of possible movements of a consignment in a dynamic system with discrete states in TLS.**



**Pic. 2. The distribution diagram of changes in the values of the mathematical expectation of effective indicators in normalized units for discrete states of the parameters of cargo traffic in TLS.**

$$B(x) = \min_{v \in V(x)} \{s(x, v) + B(f(x, v))\}, (x \in D | F). \quad (1)$$

The identification of rational trajectories of shipments of consignments is based on the Bellman's principle and on the analytical solution of a multicriteria optimization problem for individual elements of the system (2). In this case, the procedure of identifying the values of variables is interpreted as a multi-step process of managing the movement of shipments of TLS.

1. Each TSC corresponds to a set of possible states depending on the effective indicators of CRT and TSS, combined into a single cycle of the transport process.

2. Management in the system is implemented step by step for a separate batch of cargo after determining the effective solution and applying it as one of the finite number of possible distributions of cargo at TSC.

3. The successive actions will finally result in a change in the state of the system, determined by the

degree of congestion of individual TSC. The obtained results of the discrete rationalization solution using the dynamic programming method are made out in the form of a rational trajectory of moving the consignment in TLS.

$$\begin{cases} B(x) = \max_{v \in V(x)} \{ D_{i(x)} + B(f(D_{i(x)})) \}, (x \in D | F) \\ D_{i(x)} = \sum_{j=1}^n b_{ij} c_j \rightarrow opt, \\ \sum_{j=1}^n c_j = 1, 0 \leq c_j \leq 1, c_j \geq c_{j+1}, i = \overline{1, n-1}, \end{cases} \quad (2)$$

where  $D_{i(x)}$  – quantitative assessment of the efficiency of movement of the consignment (the weight of the arc) according to the criteria CRT and TSS;





$B(f(D_{i,j}))$  – discrete states of the system, characterized by a set of performance indicators of TSC and CRT;

$b_{ij}$  – normalized values of the performance indicators TSS and CRT;

$c_i$  – relative importance coefficients of TSS and CRT indicators.

**Example.** The formation of a rational trajectory of movement of one consignment of cargo in TLS allows determining the general structure of cargo traffic with regard to the declared traffic volumes in the system (the volume of cargo transported and planned for transportation). Further, the absolute cargo turnover of individual TSC is determined as the sum of goods of various lots processed through TSC for a certain period of time (day, month, year):

$$C = \sum \frac{Q_i}{K_{conv}}, \quad (3)$$

where  $C$  – cargo turnover,  $m^3$ ;

$Q_i$  – volume of cargo passing through TSC for the period of time and belonging to  $i$ -th cargo group;

$K_{conv}$  – coefficient of conversion of cargo volume in tons (transportation volume of CRT) to cargo volume  $m^3$  (storage volume in TSC) in expression,  $t/m^3$ .

The total amount of loading and unloading operations per unit of time at TSC or cargo handling is simplistically determined by the formula:

$$CH = \sum_{i=1}^n Q_{ci} k_i, \quad (4)$$

where  $CH$  – annual cargo handling, thousand tons-operations/year;

$Q_{ci}$  – annual cargo traffic of the  $i$ -th cargo, thousand tons/year;

$k_i$  – transshipment coefficient of the  $i$ -th cargo, operations;

$n$  – number of different items (groups) of goods entering the warehouse.

The results of the computational experiment for obtaining optimal trajectories carried out for 100 batches in TLS system are presented in Pic. 2 in the form of a diagram of distribution of changes in the values (increase, decrease) of the mathematical expectation of effective indicators (transportation volume and cargo turnover) in standard units for discrete states of the parameters of TLS.

**Conclusions.** The results obtained when applying the methodology for determining the optimal trajectories of cargo traffic are the values of the input information flows entering the cargo processing systems of individual TSC and are the basis for formation of a digital information-analytical control system in TLS. The solution of the problem of determining rational parameters of

TSS, as of a function situated in the same logistics chain with CRT parameters, will reduce vehicle downtime and rationalize the production capacity of TSC.

The principal feature of the obtained solution of the problem is that when solving an applied problem of constructing dynamic systems, not one criterion, but several criteria are considered as a controlled parameter. Consequently, a model of an analytical solution in dynamic problems is implemented, based on the search for a reasonable compromise, which consists in choosing such a control, which satisfies the extremum values of all considered TSS and CRT criteria.

## REFERENCES

1. Gorev, A. E. Fundamentals of the theory of transport systems: Study guide [Osnovy teorii transportnykh sistem: Ucheb. posobie]. St. Petersburg, SPbGASU, 2010, 214 p.
2. Kotikov, Yu. G. Fundamentals of system analysis of transport systems: Study guide [Osnovy sistemnogo analiza transportnykh sistem: Ucheb. posobie]. St. Petersburg, SPbGASU, 2001, 264 p.
3. GOST R ISO 14813–1–2011. Intelligent transport systems. Scheme of building intelligent transport systems architecture. Part 1. Service domains in the field of intelligent transport systems, service groups and services [GOST R ISO 14813–1–2011. Intellektualnie transportnie sistemy. Skhema postroyeniya arkhitektury intellektualnykh transportnykh sistem. Chast' 1. Servisnie domeny v oblasti intellektualnykh transportnykh sistem, servisnie gruppy i servisy].
4. Demin, V. A., Karelina, M. Yu., Terentyev, A. V. Method of achieving a dynamic balance between the values of transit capacity of transport and storage complexes and cargo flows in logistics systems [Metodika dostizheniya dinamicheskogo balansa mezhu velichinami propusknykh sposobnostei transportno-skladskih kompleksov i gruzopotokov v logisticheskikh sistemakh]. Logistika, 2018, Iss. 2, pp. 32–36.
5. Prudovsky, B. D., Terentyev, A. V. Methods for determining the Pareto set in some linear programming problems [Metody opredeleniya mnozhestva Pareto v nekotorykh zadachakh lineinogo programmirovaniya]. Zapiski Gornogo instituta, 2015, Vol. 211, pp. 89–90.
6. Terentyev, A. V., Prudovsky, B. D. Decision-making methods in the conditions of an uncertain state of the «external environment» [Metody prinyatiya reshenii v usloviyakh neopredelennogo sostoyaniya «vneshnei sredy»]. Transport planning and modeling: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. St. Petersburg, SPbGASU, 2016, pp. 145–149.
7. Kogan, D. I. Dynamic programming and discrete multicriteria optimization: Study guide [Dinamicheskoe programmirovaniye I diskretnaya mnogokriterialnaya optimizatsiya: Ucheb. posobie]. Nizhny Novgorod, Publishing house of Nizhny Novgorod University, 2004, 150 p.

Information about the authors:

**Demin, Vasily A.** – Ph.D. (Eng), deputy director of Coordination Council on Logistics, director of Scientific and Educational Center for Innovative Technologies in Logistics of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, demin@ccl-logistics.ru.

**Eurich, Sebastian** – Doctor-engineer, Institut of Logistics and Material Handling Systems (ILM) of the Otto-von-Guericke University, Magdeburg, Germany, eurichsg-72@gmail.com.

**Efimenko, Dmitry B.** – D.Sc. (Eng), professor, head of the department of transport legal and customs regulations of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, ed2002@mail.ru.

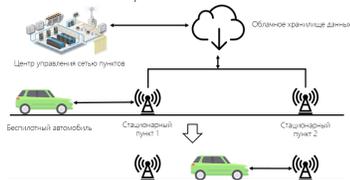
Article received 27.08.2018, revised 12.03.2019, accepted 14.03.2019.



# T

## БЕСПИЛОТНЫЙ АВТОМОБИЛЬ 64

Как машину научить  
«видеть дорогу».

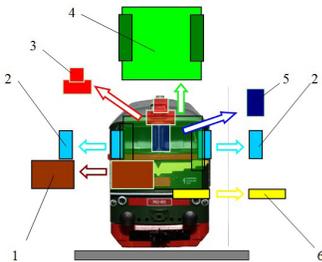


## БЕЗБАЛЛАСТНЫЙ ПУТЬ 72

Уравнение, позволяющее  
найти частоту колебаний.

## МОДУЛЬНЫЙ ЛОКОМОТИВ 80

Впору сравнивать с болидом  
«Формулы-1».

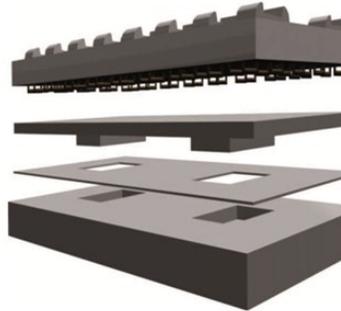


## SELF-DRIVING CARS 64

How to teach a car to see the  
road.

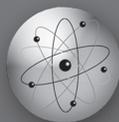
## BALLASTLESS TRACK 72

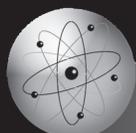
Equation that will help to find  
the frequency of an oscillation.



## MODULAR LOCOMOTIVE 80

It can be compared to F1 car.





## Объекты инфраструктуры для беспилотных транспортных средств



Иван КРЕМЛЕВ  
Ivan A. KREMLEV

Александр ТЫРЫШКИН  
Alexander V. TYRYSHKIN



### Infrastructure Facilities for Unmanned Vehicles

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p.69)

**В статье рассмотрены технологические аспекты создания объектов инфраструктуры для организации движения беспилотных автомобилей на автодорогах. Проанализированы характерные особенности работы машин с автономной системой управления в России и других регионах мира. На основе проведённого исследования авторами предлагается принципиально новый подход к решению задачи распознавания объектов на пути следования беспилотных транспортных средств. Оценивается эффективность существующих и альтернативных систем.**

Ключевые слова: беспилотные автомобили, автодороги, инфраструктура, система распознавания объектов, метод распознавания дорожных знаков, технологии управления, мобильные сети.

*Кремлев Иван Андреевич – магистрант отделения автоматизации и робототехники Национального исследовательского Томского политехнического университета, Томск, Россия.*

*Тырышкин Александр Васильевич – кандидат технических наук, доцент отделения автоматизации и робототехники Национального исследовательского Томского политехнического университета, Томск, Россия.*

Одна из очевидных тенденций современного производства автомобилей – создание машин с автономной системой управления. Изначально транспортные системы автономного управления появились в США в 2000-х годах в военном деле [1]. Тогда разрабатывались автономные транспортные средства, способные проходить зоны обстрела и доставлять грузы к обозначенным точкам. Тем не менее техническое новшество неплохо прижилось и в гражданской среде. Теперь на слуху у потребителей автопилоты Tesla Motors, General Motors. Европейские и японские производители – Nissan, Toyota, BMW и прочие – не остались в стороне и уже имеют серьёзные наработки в области автономного управления.

В настоящий момент автономные системы управления транспортом учитывают не только инфраструктурные данные (дороги, разметку, светофоры и т.д.). Это мощные компьютеры, которые имеют множество камер, датчиков, сканеров, могут моментально обрабатывать информацию и принимать решения о маневрировании, исходя из реальной обстановки на дороге. Конечно, чем лучше качество

дорог и разметки и чем более предсказуемы действия других водителей (имеется в виду движение с учётом ПДД), тем безопаснее будет движение беспилотного автомобиля. Автомобили с системой автономного управления должны снизить уровень инцидентов на дорогах (вероятность человеческой ошибки будет сведена до нуля), а также избавить водителей от необходимости долгого пребывания за рулём [1].

По мнению экспертов, использование беспилотных ТС позволит сократить количество ДТП на 80–90 %. Кроме того, такие автомобили обеспечат значительную экономию топлива и расходов на эксплуатацию (до 30 %) за счёт оптимизации скоростного режима движения. Другими эффектами использования беспилотников станут увеличение максимальной пропускной способности дорог, упорядочивание движения и минимизация дистанции между ТС.

При всём том одной из наиболее трудных задач, которые стоят перед исследователями, остаётся распознавание в режиме реального времени всевозможных объектов, которые встречаются на пути у транспортного средства.

\*\*\*

В последние двадцать лет многие учёные из разных стран пытались решить задачу распознавания дорожных знаков. Самые первые исследования по этой тематике появились в 80-х годах XX века. Однако вычислительные мощности на тот момент не позволяли удовлетворительно реализовать обработку видеоряда. Помимо того, не существовало камер, которые позволяли бы получать изображения нужного формата и размера. Сегодня технический уровень мобильных процессоров достиг той отметки, когда с определённой уверенностью можно устанавливать системы по распознаванию дорожных знаков на серийные автомобили. Например, технология CUDA от NVIDIA, которая значительно увеличивает вычислительную производительность за счёт архитектуры параллельных вычислений, позволяет сокращать время на обработку изображений до нескольких миллисекунд, что удовлетворяет требованиям по обработке видеоряда в режиме онлайн [2]. Но системы, которые

используются в серийных автомобилях, имеют низкую точность распознавания, а также не всегда корректно обнаруживают отечественные дорожные знаки.

В 2011 году на базе 50 тысяч изображений немецких дорожных знаков специалисты из университета Лугано создали программу по их распознаванию на основе нейронных сетей. На конкурсе она показала результат 99,46 %, опередив не только другие программы, но даже лучшего из 32 людей-участников конкурса (99,22 %), причём средний показатель среди людей составил 98,84 % [3, с. 81].

Подавляющее большинство систем, ориентированных на дорожные знаки, основано на техническом зрении. С позиции детектирования и распознавания подобные знаки являются довольно простыми объектами. Кроме того, их вид и форма определяются в России государственным стандартом ГОСТ Р 52290-2004 [4, с. 2–14].

Согласно классификации подходов различают методы распознавания дорожных знаков на основе цвета, на основе формы или комбинированные. Однако их объединяет использование пороговой обработки или цветовой сегментации для выделения области изображения, где находится дорожный знак, и последующего его распознавания путём попиксельного сравнения с эталоном. Такая модель представления цветов имеет свои недостатки.

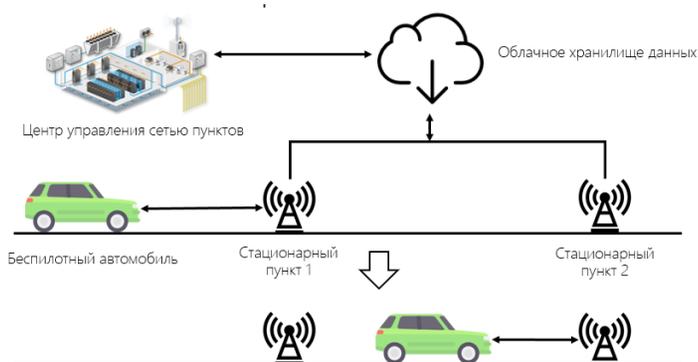
Во-первых, это влияние теней и освещённости на эффективность распознавания. Во-вторых, для реализации такой системы нужны серьёзные вычислительные мощности, что значительно увеличивает стоимость беспилотного автомобиля.

Ещё одним методом, благодаря которому беспилотник способен распознавать дорожные знаки, стали QR-коды. Среди двумерных штрих-кодов именно Quick Response (QR) заслужил особое внимание инженеров. QR-коды обладают многими преимуществами по сравнению с себе подобными, включая высокую надёжность, конфиденциальность информации, читаемость с любого направления, возможность коррекции ошибок (следовательно, шума и частичного повреждения изображения).

QR-коды не так давно используются в интеллектуальных транспортных системах и транспортных средствах, например,



**Рис. 1. Структура системы управления беспилотными автомобилями.**



в системах парковки, системах отслеживания состояния шин, навигационных системах [5].

Основной целью использования системы с участием QR-кодов является объединение преимуществ классических систем дорожных знаков с преимуществами QR-кодов. В частности, такие системы будут устойчивыми к изменениям внешней среды, легко поддержат обработку в режиме реального времени, но самое главное, способны на коррекцию ошибок при небольшом повреждении дорожного знака.

Недостатками подобных систем является то, что QR-коды наносятся на классический дорожный знак, а значит, он нуждается в постоянном обслуживании, а при необходимости и в замене.

\*\*\*

Авторы статьи предлагают новый подход, предполагающий установку стационарных пунктов, которые связаны между собой в единую сеть и обмениваются данными с облачным хранилищем. В свою очередь, облачное хранилище связано с центром управления сетью пунктов, где находится диспетчер, в режиме реального времени отслеживающий все показатели и только в случае необходимости вмешивающийся в работу системы. В стационарном пункте установлен передатчик, который излучает сигнал в сторону транспортного потока, а в беспилотном автомобиле приёмник принимает сигнал и формирует управляющее воздействие на исполнительные устройства транспортного средства (рис. 1) [6]. В результате беспилотный автомобиль может двигаться согласно правилам дорожного движения.

Демонстрируемый подход позволяет значительно снизить необходимую вычис-

лительную мощность центрального процессорного устройства для обработки информации о движении в транспортном потоке, а также снизить стоимость создания беспилотного транспортного средства.

Для реализации подобной системы известно два основных метода – использование технологии DSRC (Dedicated short-range communications, выделенная связь ближнего действия) или мобильных сетей 4G (LTE), а в будущем 5G.

Устройства DSRC, созданные в соответствии с международными стандартами IEEE802.11p и IEEE1609, помогают решить проблему оперативной передачи информации между автомобилями и объектами транспортной инфраструктуры с одновременной минимизацией расходов на центры обработки данных, без создания дорогостоящей инфраструктуры и применения глобальных каналов коммуникаций.

Дополнение DSRC технологиями динамической маршрутизации для построения одноранговых сетей, DTN (Delay&Disruption-Tolerant Networking – сетей, устойчивых к задержкам), глобального геопозиционирования ГЛОНАСС/GPS решает большинство проблем, свойственных традиционным системам управления и связи. Одновременно существенно повышаются технические характеристики системы за счёт размещения средств первичной обработки данных непосредственно на приёмо-передающих устройствах без отправки больших объёмов информации в вычислительные центры.

Благодаря таким технологиям стали возможны не только автоматизация и интеллектуализация управления дорожным движением, построение системы эффективного предотвращения столкновений,

Сравнительная характеристика DSRC и LTE-A

Характеристики	DSRC	LTE-A
Ширина канала	10 МГц	До 100 МГц
Частотные диапазоны	5,86–5,92 ГГц	450 МГц–4,99 ГГц
Дальность работы	До 1 км	До 30 км
Покрытие	Локальное	Сплошное

	Техническое зрение		Штрих-коды		Беспроводные сигналы
Дорожный знак с установкой	20 000• 10 000 руб. = ~ 200 млн руб.	Дорожный знак с установкой	10 000• 10 000 руб. = ~ 100 млн руб.	Установка стационарных пунктов	5 000• 20 000 руб. = ~ 100 млн руб.
Бортовой компьютер для обработки изображения	150 000• 1 000 000 руб. = ~ 150 млрд руб.	Считыватель для штрих-кода	150 000• 10 000 руб. = ~ 1,5 млрд руб.	Портативный модуль для автомобиля	1 000• 1 000 000 руб. = ~ 1 млрд руб.
Камера	150 000• 30 000 руб. = ~ 4,5 млрд руб.	Бортовой компьютер	150 000• 10 000 руб. = ~ 1,5 млрд руб.	Оборудование центра управления и облачного хранилища	~ 100 млн руб.
Итого	~ 159,7 млрд руб.	Итого	~ 3,1 млрд руб.	Итого	~ 1,2 млрд руб.

Рис. 2. Расчёт экономической эффективности системы в Томске.

но и создание открытой платформы для конструирования целевых решений сходного с «умными городами» масштаба.

При этом технология DSRC тоже обладает недостатками. Один из наиболее серьёзных из них — необходимость персонализации (присвоение уникального кода) приёмопередающей аппаратуры каждого транспортного средства, что наталкивается как на труднопреодолимую техническую проблему генерации большого числа ортогональных кодов, так и на потребность решать сопутствующие правовые проблемы.

Кроме того, скорость передачи данных в технологии DSRC достаточно низкая по сравнению с LTE-A. Сравнительная характеристика двух технологий представлена в таблице 1.

Исходя из таблицы, можно сделать вывод, что сети LTE-A могут использоваться совместно с DSRC для решения проблемы взаимодействия транспортных средств между собой и с инфраструктурой.

\*\*\*

Система коммуникации между автомобилями находит широкое применение в управлении движением. Главной целью проводимых мероприятий является предупреждение «пробок», а также адаптация

движения к погодным условиям. Основные направления беспроводного регулирования движения:

- регулирование скорости потока;
- управление транспортной развязкой;
- обеспечение движения машин специальных служб;
- обеспечение движения в режиме «зелёная волна»;
- предупреждение о «пробке»;
- выбор оптимального маршрута по разным критериям (время, топливо, плата).

Наряду с управлением движением система коммуникации между автомобилями позволяет ещё и контролировать это движение, что обязательно будет востребовано надзорными органами (полицией).

Рассмотрим в таблице 2 задачи, которые предназначено решать беспилотному автомобилю и которые снимутся в случае установки на дорогах общего пользования предлагаемой системы.

Ряд из указанных задач уже решён в современных автомобилях с помощью видеокамеры и радара — например, в системах экстренного торможения, помощи при перестроении, распознавания дорожных знаков. Но технические возможности предлагаемой системы значительно шире: например, ни одна из имеющихся систем не может заглянуть за угол.



## Задачи беспилотного автомобиля

Задачи	Беспилотный автомобиль	Регулировщик
Выбор траектории движения беспилотного транспортного средства		+
Поддержание безопасной дистанции до впереди идущих транспортных средств	+	
Поддержание выбранной полосы дорожного движения	+	
Отслеживание динамических помех	+	
Помощь при проезде перекрёстков		+
Помощь при повороте налево		+
Взаимодействие с другими транспортными средствами		+
Расчёт маршрута движения транспортного средства		+
Определение приоритетов движения транспортных средств		+
Информирование о дорожно-транспортном происшествии		+
Предупреждение о плохих погодных условиях		+

На текущий момент наиболее востребованным бортовым компьютером для беспилотных автомобилей является модель NVIDIA DRIVE PX2 (стоимость около 15 тыс. долларов). Мощность подобного компьютера сопоставима с мощностью 150 ноутбуков MacBook Pro [7, с. 1]. В случае установки стационарных регулировщиков для организации движения беспилотных транспортных средств с центрального процессорного устройства автомобилей снимается серьёзная вычислительная нагрузка, поскольку нет необходимости в выборе траектории, расчётах при проезде перекрёстков и взаимодействии с другими транспортными средствами – всё это выполняет система управления организацией движения.

Рассчитаем экономическую эффективность от внедрения подобной системы в таком городе, как Томск (с населением 570 тыс. человек) [8], где установлено около 20 тыс. дорожных знаков (оценка количества знаков проведена самостоятельно) и зарегистрировано около 150 тыс. автомобилей [9] (рис. 2).

Внедрение стационарных пунктов для организации движения на дорогах общего пользования позволит сэкономить миллиарды рублей при проектировании нового города или микрорайона.

Суммируя полученные результаты, есть основание говорить о том, что технологии

в сфере беспилотных транспортных средств постоянно развиваются и на очереди новые инженерные решения, которые позволят организовать движение с максимальной скоростью из одного пункта в другой, сохраняя требуемый уровень безопасности для людей и техники.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В будущее на автопилоте. Нужны ли машины без водителя? [Электронный ресурс]: <http://www.insur-info.ru/press/120787/>. Доступ 19.02.2019.
2. Параллельные вычисления с CUDA. [Электронный ресурс]: <http://www.nvidia.ru/object/cuda-parallel-computing-ru.html>. Доступ 19.02.2019.
3. Форд М. Роботы наступают: Развитие технологий и будущее без работы. – М.: Альпина Диджитал, 2015.
4. ГОСТ Р 52290-2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования.
5. Eken S., Sayar A. A Smart Bus Tracking System Based on Location-Aware Services and QR Codes. – International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications. – June, 2014.
6. Преимущества современного стандарта Wi-Fi 802.11ac. [Электронный ресурс]: [http://ipboom.ru/info/articles/2017/preimushchestva\\_sovremennogo\\_standarta\\_wi-fi\\_802\\_11ac/](http://ipboom.ru/info/articles/2017/preimushchestva_sovremennogo_standarta_wi-fi_802_11ac/). Доступ 19.02.2019.
7. First picture of Tesla's new NVIDIA onboard supercomputer for Autopilot installed in a car. [Электронный ресурс]: <https://electrek.co/2017/01/20/first-picture-of-teslas-new-nvidia-onboard-supercomputer-for-autopilot-installed-in-a-car/>. Доступ 19.02.2019.
8. Википедия – свободная энциклопедия. [Электронный ресурс]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Томск>. Доступ 19.02.2019.
9. Томск занял 32 место среди городов РФ по объему автомобильного парка. РИА новости. [Электронный ресурс]: <https://www.riatomsk.ru/article/20150313/tomsk-objem-avtomobiljnogo-parka/>. Доступ 19.02.2019. ●

Координаты авторов: **Кремлев И. А.** – [ivankremlyov@mail.ru](mailto:ivankremlyov@mail.ru), **Тырышкин А. В.** – [tyryshkin@tpu.ru](mailto:tyryshkin@tpu.ru).

Статья поступила в редакцию 19.02.2019, принята к публикации 07.03.2019.

## INFRASTRUCTURE FACILITIES FOR UNMANNED VEHICLES

*Kremlev, Ivan A., National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia.*

*Tyryshkin, Alexander V., National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia.*

### ABSTRACT

The article considers the technological aspects of creating infrastructure facilities for organization of movement of unmanned vehicles on the roads. The features of operation of cars with an autonomous control system in Russia and other regions of the world are analyzed. Basing on the study, the authors

offer a fundamentally new approach for solving a problem of recognizing objects along the route of unmanned vehicles. The study suggests installation of stationary points that are interconnected in a single network and exchange data with the cloud storage. The effectiveness of existing and alternative systems is evaluated.

*Keywords:* unmanned vehicles, infrastructure, object recognition system, method of recognizing road signs, control technology, mobile networks, road transport.

**Background.** One of the core trends in modern car production is translated through development of cars with an autonomous control system. Initially, autonomous control transport systems appeared in the United States in the 2000s for military purposes [1]. Autonomous vehicles were then developed to overpass fields of fire and to deliver cargo to the designated points. Since then engineering innovation has taken root in the civilian environment as well. Now consumers are familiar with Tesla Motors and General Motors self-driving cars. European and Japanese manufacturers – Nissan, Toyota, BMW and others – have not stood aside and have already got serious achievements in the field of autonomous control.

Currently, autonomous transport control systems take into account not only infrastructure data (roads, road surface marking, traffic lights, etc.), but being powerful computers that have many cameras, sensors, scanners, can instantly process information and make decisions about maneuvering based on the real situation on the road. Of course, the better is the quality of the roads and the markings and the more predictable are the actions of other drivers (meaning driving respecting traffic rules), the safer is movement of an unmanned vehicle. Cars with autonomous control system should reduce the level of incidents on the roads (the probability of human error will be reduced to zero), as well as save the drivers from the need for a long stay behind the wheel [1].

According to experts, the use of unmanned vehicles will reduce the number of accidents by 80–90 %. In addition, these cars will provide significant savings in fuel and operating costs (up to 30 %) by optimizing the speed mode. Another effect of using unmanned vehicles will be an increase in the maximum capacity of the roads, streamlining traffic and minimizing the distance between vehicles.

For all that, one of the most difficult tasks facing researchers is recognition of various objects that are encountered on the vehicle's route in real time.

**Objective.** The objective of the authors is to study existing and developed infrastructure facilities to be used for safe operation of unmanned vehicles and to suggest new approaches to their design.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach, communication and informatics methods.

### Results.

\*\*\*

During past twenty years, many scientists from different countries have tried to solve the problem of recognizing road signs. The very first research on this topic appeared in the 80s of 20<sup>th</sup> century. However, the computing power at that time did not allow satisfactory implementation of video sequence processing. In addition, there were no cameras that

would have allowed obtaining images of the desired format and size. Today, the technical level of mobile processors has reached the point where it is possible to install road sign recognition systems on mass produced cars with certain confidence. For example, CUDA technology from NVIDIA, which significantly increases computational performance due to the parallel computing architecture, allows reducing time for image processing to a few milliseconds, which meets the requirements for video sequence processing online [2]. But the systems that are used in mass produced cars have low recognition accuracy, and do not always correctly detect domestic signs.

In 2011, on the basis of 50 thousand images of German road signs, specialists from the University of Lugano created a program for their recognition based on neural networks. At the competition, it showed a result of 99,46 %, ahead of not only other programs, but even the best «human» of 32 people participating in the competition (99,22 %), and the average among people was 98,84 % [3, p. 81].

The vast majority of traffic sign oriented systems are based on technical vision. From the standpoint of detection and recognition, such signs are fairly simple objects. In addition, their type and shape are determined by standards (e.g. in Russia by state standard GOST R52290-2004 [4, p. 2–14]).

According to classification of approaches, there are methods for recognizing road signs on the basis of color, on the basis of form, or combined methods. However, they are united by the use of threshold processing or color segmentation to highlight the area of the image where the road sign is located, and its subsequent recognition by pixel-by-pixel comparison with the standard. This model of color representation has its drawbacks.

First, it is the influence of shadows and light on the recognition efficiency. Secondly, for implementation of such a system, serious computing power is needed, which significantly increases the cost of an unmanned vehicle.

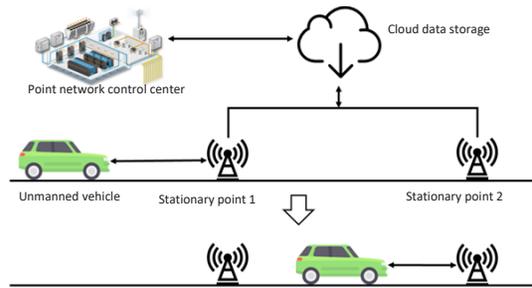
Another method by which the unmanned vehicle is able to recognize road signs is based on the use of QR codes. Among the 2D barcodes, Quick Response (QR) deserves the special attention of engineers. QR codes have many advantages compared to their own kind, including high reliability, confidentiality of information, readability from any direction, the possibility of error correction (hence, of noise and partial damage to the image).

QR codes have recently started to be used in intelligent transport systems and vehicles, for example, in parking systems, tyres' condition monitoring systems, navigation systems [5].

The main purpose of using the system with QR codes is to combine the advantages of the classic



**Pic. 1. The structure of the system of control of unmanned vehicles.**



**Comparative characteristics of DSRC and LTE-A**

Characteristics	DSRC	LTE-A
Channel width	10 MHz	Up to 100 MHz
Frequency ranges	5,86–5,92 GHz	450 MHz–4,99 GHz
Operation range	Up to 1 km	Up to 30 km
Coverage	Local	Full

**Table 1**

of the transport stream, and in an unmanned vehicle, a receiver receives a signal and generates a control action on the actuators of a vehicle (Pic. 1) [6]. As a result, an unmanned vehicle can move according to the traffic rules.

The demonstrated approach can significantly reduce the required computational power of the central processor unit for processing traffic information in the transport flow, as well as reduce the cost of development of an unmanned vehicle.

To implement such a system, two main methods are known: of DSRC technology (Dedicated short-range communications) or 4G mobile networks (LTE), followed in the future by 5G networks.

DSRC devices, created in accordance with international standards IEEE802.11p and IEEE1609, help solve the problem of rapid transmission of information between vehicles and transport infrastructure while minimizing the cost of data centers, without creating expensive infrastructure and using global communication channels.

Supplementing DSRC with dynamic routing technologies for building peer-to-peer networks, DTN (Delay & Disruption-Tolerant Networking), with global GLONASS/GPS geolocation solves most of the problems inherent to traditional control and communication systems. At the same time, the technical characteristics of the system are significantly increased by placing primary data processing facilities directly on receiving-transmitting devices without sending large amounts of information to computer centers.

Thanks to such technologies, it became possible not only to automate and intellectualize traffic control, to build an effective collision avoidance system, but also to create an open platform for constructing targeted solutions of a scale similar to that of smart cities.

At the same time, DSRC technology also has disadvantages. One of the most serious of them is the need for personification (assignment of a unique code) to the transceiver equipment of each vehicle, which poses both the insurmountable technical problem of generating a large number of orthogonal codes and the need to solve accompanying legal problems.

In addition, the data transfer speed in DSRC technology is quite low compared to LTE-A. Comparative characteristics of two technologies are shown in Table 1.

Based on the table, it can be concluded that LTE-A networks can be used in conjunction with DSRC to solve the problems of vehicle interaction between each other and with the infrastructure facilities.

The communication system between cars is widely used in traffic control. The main purpose is to prevent traffic jams, as well as to adapt traffic to weather conditions. The main directions of wireless traffic control are as follow:

- flow speed control;
- transport intersection control;

**Unmanned vehicle tasks**

**Table 2**

Tasks	Unmanned vehicle	Controller
Choice of a motion path of an unmanned vehicle		+
Maintaining a safe distance to vehicles ahead	+	
Maintaining a selected traffic lane	+	
Dynamic obstacles tracking	+	
Assistance when passing intersections		+
Assistance when turning left		+
Interaction with other vehicles		+
Calculation of a vehicle route		+
Prioritization of vehicle traffic		+
Traffic accident reporting		+
Bad weather warning		+

systems of road signs with the advantages of QR codes. In particular, such systems will be resistant to changes in the external environment, they will easily support processing in real time, but most importantly, they are capable of correcting errors due to a slight damage to a traffic sign.

The disadvantages of such systems are that QR codes are put on a classic road sign, which means that it needs constant maintenance and, if necessary, replacement.

\*\*\*

The authors of the article propose a new approach, that involves installation of stationary points that are interconnected into a single network and exchange data with the cloud storage. In turn, the cloud storage is connected with the control center of the network of points where the dispatcher is located, who monitors all indicators in real time and intervenes in the work of the system only when necessary. A transmitter is installed at a stationary point, which emits a signal in the direction

\*\*\*



	Technical vision		Barcodes		Wireless signals
Road sign with installation	20 000• 10 000 rub. = ~200 mln rub.	Road sign with installation	10 000• 10 000 rub. = ~100 mln rub.	Installation of stationary points	5 000• 20 000 rub. = ~100 mln rub.
Onboard computer for image processing	150 000• 1 000 000 rub. = ~150 bln rub.	Barcode reader	150 000• 10 000 rub. = ~1,5 bln rub.	Portable module for a car	1 000• 1 000 000 rub. = ~1 bln rub.
Camera	150 000• 30 000 rub. = ~4,5 bln rub.	Onboard computer	150 000• 10 000 rub. = ~1,5 bln rub.	Equipment of control center and cloud storage	~100 mln rub.
Total	~159,7 bln rub.	Total	~3,1 bln rub.	Total	~1,2 bln rub.

**Pic. 2. Calculation of the economic efficiency of the system in Tomsk.**

- ensuring movement of emergency services vehicles;
- ensuring movement in the «green wave» mode;
- warning about «traffic jam»;
- selection of an optimal route according to different criteria (time, fuel, charge).

Along with traffic control, the communication system between cars also allows to control this movement, which will definitely be required by the supervisory authorities (e.g. road police).

Let's consider in table 2 the tasks that are intended to be solved by an unmanned vehicle and which are removed in case of installation of the proposed system on public roads.

A number of these tasks have already been solved in modern cars with the help of a video camera and a radar – for example, in emergency braking systems, assistance in changing lanes, recognition of road signs. But the technical capabilities of the proposed system are much wider; e.g., none of the existing systems can look around the corner.

To date, the most popular on-board computer for unmanned vehicles is Nvidia Drive PX2 model (the cost is about 15 thousand dollars). The power of such a computer is comparable to the power of 150 Macbook Pro laptops [7, p. 1]. In case of installation of stationary traffic controllers for organizing traffic of unmanned vehicles, a serious computational load is removed from the central processor unit of the car, since there is no need to choose a trajectory, to pass intersections and to interact with other vehicles – all this is done by the traffic control system.

Let us calculate the economic efficiency of introduction of such a system in a city like Tomsk (with a population of 570 thousand people) [8], where there are about 20 thousand road signs (evaluation of the number of signs was carried out independently) and about 150 thousand cars registered [9] (Pic. 2).

**Conclusion.** The introduction of stationary points for organization of traffic on public roads will save considerable funds when designing a new city or a microdistrict. Summing up the results, there is a reason to say that technologies in the field of unmanned vehicles are constantly evolving and we are awaiting for new engineering solutions that will

allow to organize traffic with maximum speed from one point to another, while maintaining the required level of safety for people and equipment.

## REFERENCES

1. Towards the future using self-driving vehicle. Do we need cars without a driver? [V budushchee na avtopilote. Nuzhny li mashiny bez voditelya?]. [Electronic resource]: <http://www.insur-info.ru/press/120787/>. Last accessed 19.02.2019.
2. Parallel computing with CUDA [Parallelnie vychisleniya s CUDA]. [Electronic resource]: <http://www.nvidia.ru/object/cuda-parallel-computing-ru.html>. Last accessed 19.02.2019.
3. Progress in development of neural networks for machine learning [Progress v razrabotke neirosetei dlya mashinnogo obucheniya]. [Electronic resource]: <https://habr.com/post/160115/>. Last accessed 19.02.2019.
4. GOST R52290-2004. Technical means of traffic organization. Road signs. General technical requirements [GOST R52290-2004. Tekhnicheskie sredstva organizatsii dorozhnogo dvizheniya. Znaki dorozhnie. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya].
5. Eken, S., Sayar, A. A Smart Bus Tracking System Based on Location-Aware Services and QR Codes. International Symposium on Innovations in Intelligent Systems and Applications. June, 2014. DOI: 10.1109/INISTA.2014.6873634.
6. The advantages of modern standard Wi-Fi 802.11ac [Preimushchestva sovremennogo standarta Wi-Fi 802.11ac]. [Electronic resource]: [http://ipboom.ru/info/articles/2017/preimushchestva\\_sovremennogo\\_standarta\\_wi-fi\\_802\\_11ac/](http://ipboom.ru/info/articles/2017/preimushchestva_sovremennogo_standarta_wi-fi_802_11ac/). Last accessed 19.02.2019.
7. First picture of Tesla's new NVIDIA onboard supercomputer for Autopilot installed in a car. [Electronic resource]: <https://electrek.co/2017/01/20/first-picture-of-teslas-new-nvidia-onboard-supercomputer-for-autopilot-installed-in-a-car/>. Last accessed 19.02.2019.
8. Wikipedia – the free encyclopedia. [Electronic resource]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Томск>. Last accessed 19.02.2019.
9. Tomsk took the 32<sup>nd</sup> place among the cities of the Russian Federation in terms of the vehicle fleet. RIA News [Tomsk zanyal 32 mesto sredi gorodov RF po ob'yemu avtomobilnogo parka. RIA novosti]. [Electronic resource]: <https://www.riatomsk.ru/article/20150313/tomsk-objem-avtomobilnogo-parka/>. Last accessed 19.02.2019. ●

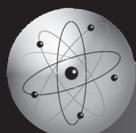
Information about the authors:

**Kremlev, Ivan A.** – Master's student at the department of Automation and Robotics of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [ivankremlyov@mail.ru](mailto:ivankremlyov@mail.ru).

**Tyryshkin, Alexander V.** – Ph.D. (Eng), associate professor at the department of Automation and Robotics of National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, [tyryshkin@tpu.ru](mailto:tyryshkin@tpu.ru).

Article received 19.02.2019, accepted 07.03.2019.





## Поперечные колебания секции плиты в основании безбалластного пути



Бахитжан ДЖАНМУЛДАЕВ  
Bahitzhan D. DZHANMULDAEV

Алексей ЛОКТЕВ  
Alexey A. LOKTEV



Канат АЛЕНОВ  
Kanat T. ALENOV

Зульфия ФАЗИЛОВА  
Zulfiya T. FAZILOVA



### Transverse Oscillation of a Base Slab Section of Ballastless Track

(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 76)

**Исследование посвящено построению математической модели плиты безбалластного основания железнодорожного пути, собранной из отдельных скреплённых между собой сегментов. Каждый прямоугольный сегмент моделируется трансверсально-изотропной предварительно напряжённой пластиной. Получено уравнение, позволяющее изучить частоты собственных колебаний прямоугольной пластины, что особенно актуально с точки зрения выбора конечной конструкции безбалластного пути для высокоскоростных магистралей. Важным вопросом при этом является демпфирование несущих конструкций и разведение частот собственных и вынужденных колебаний по различным интервалам частотного спектра. Для решения поставленных задач используется метод декомпозиций, эффективность и относительная простота которого достаточно наглядно продемонстрированы.**

**Ключевые слова:** железная дорога, высокоскоростная магистраль, безбалластный путь, частотный спектр, математическая модель, постоянные Ламе, метод декомпозиции, интегральные и дифференциальные операторы, вязкоупругость.

*Джанмулдаев Бахитжан Джамаладинович – доктор технических наук, профессор Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан. Локтев Алексей Алексеевич – доктор физико-математических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия. Аленов Канат Табынгулы – старший преподаватель Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан. Фазилова Зульфия Тельмановна – кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

Одним из наиболее перспективных направлений развития железнодорожного транспорта признано высокоскоростное сообщение. В мировой практике строительства ВСМ для скоростей движения до 350 км/ч в качестве верхнего строения пути преобладает блочное безбалластное основание, имеющее много типов конструкций: рельс может опираться на отдельные опоры или лежать на сплошном основании, плиты могут быть сборными или монолитными, рельс удерживается скреплениями или закреплён в жёлобе плиты. Несмотря на относительно высокую начальную стоимость – в два раза дороже пути с рельсошпальной

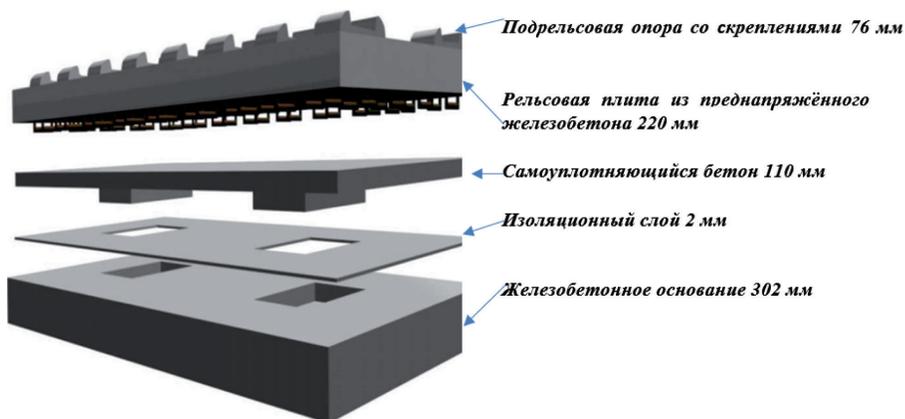


Рис. 1. Конструкция безбалластного верхнего строения пути на ВСМ Москва–Казань типа CRTS III RUS.

решёткой, безбалластные конструкции предполагают низкие эксплуатационные расходы. Кроме того, зарубежный опыт укладки, исследований и эксплуатации безбалластного пути показал его надёжность и предполагаемый срок службы до 60 лет.

\*\*\*

Пилотным проектом высокоскоростной железнодорожной магистрали в России было заявлено строительство ВСМ по маршруту Москва–Казань с продлением на Екатеринбург. Для условий высоких скоростей до 400 км/ч, работы в холодной климатической зоне с перепадом температур в диапазоне до 100°C, смешанного движения с разной нагрузкой от колёсной пары на рельсы, а также с учётом безопасности, надёжности, прочности, ремонтпригодности и приспособляемости принята конструкция безбалластного пути типа CRTS III RUS (новейшая китайская разработка «Эр Юань»): плита из самоуплотняющегося бетона, состав которого был адаптирован к российским условиям эксплуатации. Поэлементная схема конструкции приведена на рис. 1.

Дальнейшее развитие высокоскоростного движения предполагает применение разработок конструкций безбалластного пути, создание которых невозможно без тщательного расчёта свойств материала подрельсового основания. Этот вопрос актуален как для России, так и для Казахстана.

В данном случае рассматривается плита безбалластного основания железнодорож-

ного пути как совокупность соединённых между собой отдельных сегментов из железобетона. Более подробно исследуется типовой прямоугольный сегмент плиты, моделируемый трансверсально-изотропной пластиной, предварительно напряжённой в одном из направлений, что соответствует наиболее востребованным типовым конструкциям безбалластного пути [1, с. 62; 2, с. 74].

Важным аспектом при этом является тот факт, что материал плиты обладает реологическими свойствами, описываемыми вязкоупругой моделью Максвелла. Подобный вариант позволяет подобрать механические свойства таким образом, чтобы, с одной стороны, избежать внутреннего резонанса, а с другой стороны, получить характерные величины нормальных перемещений, находящиеся в пределах нормативного интервала в зависимости от скоростей следования подвижного состава и нагрузки на отдельную колёсную пару [3, с. 5; 4, с. 792].

Предмет нашего внимания – трансверсально-изотропная предварительно напряжённая пластинка, лежащая на деформируемом основании, с размерами в плане  $-l_1 \leq x \leq l_1$ ;  $-l_2 \leq y \leq l_2$  из вязкоупругого материала. Предположим, что внешние усилия равны нулю, начальные условия отличны от нуля. В этом случае возникают свободные колебания пластинки, лежащей на упругом основании, и они описываются уравнением [4, с. 793] для  $W^{(1)}$ , правую часть которого необходимо положить равной нулю.



Материал пластинки, как уже отмечалось, вязкоупругий и удовлетворяет модели Максвелла:

$$A_{ij} = a_{ij} \left[ \zeta(t) - \frac{1}{\tau} \int_0^t e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} \zeta(\xi) d\xi \right],$$

где  $\tau$  – время релаксации.

Предварительно разделив обе части уравнения [5, с. 15] на  $(1 + \alpha_0)$ , получим

$$\begin{aligned} & \rho_1 \left( \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} \right) + \\ & + \frac{h^2}{6} \left[ A_1 \left( \frac{\partial^4}{\partial t^4} + \frac{2}{\tau} \frac{\partial^3}{\partial t^3} + \frac{1}{\tau^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) W^{(1)} + \right. \\ & \left. + A_2 \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial}{\partial t} \right) \right. \\ & \left. + \Delta W^{(1)} + A_3 \Delta^2 W^{(1)} \right] + \frac{s}{2h} \left[ \left( \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} + \frac{1}{\tau} W^{(1)} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{h^2}{2} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{44}^{-1} + \right. \right. \\ & \left. \left. + 3(1+a_0)^{-1} A_{33}^{-1} \cdot \left( \frac{\partial^3 W^{(1)}}{\partial t^3} + \frac{2}{\tau} \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} \right) - \right. \right. \\ & \left. \left. - 4(1+c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} \left( \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{\tau} \right) \Delta W^{(1)} \right] \right] = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $A_1^{-1} = \rho_1^2 \left[ (1+c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} + 3(1+a_0)^{-1} A_{44}^{-1} \right]$ ;

$$A_2 = \rho_1 \left[ \frac{3(A_{13}^2 - A_{11} A_{33}) A_{33}^{-1} A_{44}^{-1} +}{+ A_{13} A_{33}^{-1} - 2(1+c_2)(1+a_0)^{-1}} \right]; \quad (2)$$

$$A_3 = 2 \left[ (1+c_2) (A_{11} A_{33} - A_{13}^2) A_{33}^{-1} \right].$$

Прямоугольная пластинка шарнирно опёрта по контуру, и в этом случае граничные условия [6, с. 84, 164] для смещения  $W^{(1)}$  имеют вид:

$$\begin{aligned} W^{(1)} = 0; \quad \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial x^2} = 0 \quad \text{при } x = -l_1; x = l_1; \\ W^{(1)} = 0; \quad \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial y^2} = 0 \quad \text{при } y = -l_2; y = l_2, \end{aligned} \quad (3)$$

а начальные условия:

$$W^{(1)} = \varphi_1(x, y); \quad \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} = \varphi_2(x, y); \quad \frac{\partial^3 W^{(1)}}{\partial t^3} = \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial t^2} = 0$$

при  $t = 0$ . (4)

При этом функции  $\varphi_1, \varphi_2$  также должны удовлетворять условиям (3).

Решение уравнения (1), удовлетворяющее граничным условиям (3), ищем в виде бесконечного двойного ряда [7, с. 155; 8, с. 317]:

$$W^{(1)} = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} W_{n,m}(t) \cos \frac{(2n+1)\pi x}{2l_1} \cos \frac{(2m+1)\pi y}{2l_2}. \quad (5)$$

Подставляя (5) в (1), для  $W_{n,m}$  получим обыкновенное дифференциальное уравнение:

$$W_{n,m}^{IV} + B_3 W_{n,m}''' + B_2 W_{n,m}'' + B_1 W_{n,m}' + B_0 W_{n,m} = 0, \quad (6)$$

где  $B_j$  ( $j = 0 \dots 3$ ):

$$B_3 = \frac{\tau}{2} + \frac{3s}{h_1^3} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{44}^{-1} + \right] (1+c_2) A_{33} + (a_0+1) A_{44}; \quad (7a)$$

$$B_2 = 1 + A_2 A_1^{-1} + \frac{6}{h_1^2} A_1^{-1} \rho + \frac{\tau}{8} \frac{3s}{h_1^3}; \quad (7b)$$

$$B_1 = \left( A_2 A_1^{-1} \gamma_{n,m} \frac{1}{\tau} + \frac{1}{\tau} \frac{6}{h_1^2} A_1^{-1} \rho \right) + \frac{s}{h_1^3} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{44}^{-1} + 3(1+a_0)^{-1} A_{33}^{-1} \right]; \quad (8a)$$

$$B_0 = A_3 A_1^{-1} \gamma_{n,m}^2 - \frac{2s}{h_1} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} \frac{1}{\tau} \gamma_{m,n}^2 \right]; \quad (8b)$$

$$\text{где } h_1 = (1+c_2)h; \quad \gamma_{n,m} = \left[ \frac{(2n+1)^2}{l_1^2} + \frac{(2m+1)^2}{l_2^2} \right] \frac{\pi^2}{4}.$$

Для нахождения безразмерной частоты собственных колебаний пластинки [8, с. 216; 9, с. 121], лежащей на деформируемом основании, решение уравнения (6) ищем в виде:

$$W_{n,m}(t) = \exp\left(\frac{b_1}{h} \xi t\right); \quad (9)$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{A_{44}}{\rho}},$$

где  $\xi$  – безразмерная комплексная величина, которая содержит как действительную часть, так и мнимую, при этом действительная характеризует затухание колебаний [10, с. 112; 11, с. 961; 12, с. 130], а мнимая часть – собственные частоты колебания.

Подставляя (9) в (6), получим для  $\xi$  частотное уравнение:

$$\xi^4 + C_4 \xi^3 + C_2 \xi^2 + C_1 \xi + C_0 = 0, \quad (10)$$

где  $C_j$  ( $j = 0 \dots 4$ ) равны:

$$\begin{aligned} C_0 &= \frac{A_3 \gamma_0^2}{A_1 b_4} + \frac{2s}{h} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} \gamma_1 \right]; \\ C_1 &= \frac{1}{\tau_0} \left[ \frac{6\rho_1}{(1+c_2)^2 A_1} + \frac{A_2 \gamma_0}{A_1 b^2} \right] + \frac{2s}{h} \left( A_2 A_1^{-1} \gamma_0 \frac{1}{\tau_0} + \frac{1}{\tau_0} \frac{1}{h^2} A_1 \right); \\ C_2 &= \frac{6\rho_1}{(1+c_2)^2 b_1^2} + \frac{A_0 \gamma_0}{A_1 b_1^2} + \frac{1}{\tau_0^2} - \frac{3s}{h^2}; \\ C_3 &= \frac{2}{\tau_0} + \frac{2hs}{3}; \end{aligned} \quad (11)$$

$$\gamma_0 = \left[ \frac{(2n+1)^2 h^2}{l_1^2} + \frac{(2m+1)^2 h^2}{l_2^2} \right] \frac{\pi}{4}.$$

Как видно из (11), коэффициенты  $c_j$  в уравнении (10) положительны, и по теореме Гурвица действительные части корней этого уравнения отрицательны, что и характеризует затухание колебаний [13, с. 20; 14, с. 488; 15, с. 418].

Общее решение (6) запишем в виде:

$$W_{n,m}(t) = e^{-\alpha_1 t} (a_{m,n} \sin \beta_1 t + b_{m,n} \cos \beta_1 t) + e^{-\alpha_2 t} (c_{m,n} \sin \beta_2 t + d_{m,n} \cos \beta_2 t), \quad (12)$$

где  $\alpha_1 = \operatorname{Re} \xi_{\zeta_1}$ ;  $\alpha_2 = \operatorname{Re} \xi_{\zeta_2}$ ;  $\beta_1 = \operatorname{Im} \xi_{\zeta_1}$ ;  $\beta_2 = \operatorname{Im} \xi_{\zeta_2}$ .

Постоянные интегрирования  $a_{m,n}$ ,  $b_{m,n}$ ,  $c_{m,n}$ ,  $d_{m,n}$  [7, с. 98; 12, с. 131; 16, с. 5] находятся из начальных условий (4).

## ВЫВОДЫ

Проведённые исследования относительно собственных частот колебаний, позволяют не только правильно подобрать геометрические размеры сегментов плиты безбалластного основания, но и вычислить механические характеристики используемых материалов с учётом их вязкоупругих свойств. Предложенная методика расчёта параметров поведения плиты также может быть адаптирована для учёта подвижной нагрузки, что поможет более точно описать природу деформирования конструкций пути и спрогнозировать их состояние после многоцикловых и высокочастотных воздействий колёсных пар экипажей с учётом анизотропии и предварительного напряжения плиты.

Метод декомпозиций хорошо зарекомендовал себя в решении подобных задач и может быть рекомендован при вычислении механических характеристик в различных направлениях анизотропии для плиты безбалластного основания, её армирования и ожидаемых напряжений в зависимости от планируемых скоростей транспортных средств и нагрузки на ось, что особенно актуально при проектировании и строительстве высокоскоростных железнодорожных магистралей.

Полученное в работе уравнение позволяет получить частоты собственных колебаний секции плиты безбалластного основания железнодорожного пути, а также определить нормальные перемещения задаваемых точек конструкции. Изменение начальных условий и условий закрепления секции плиты по контуру позволят получить модель железобетонного основания для различных инженерно-геологических факторов в зависимости от местности строительства железной дороги.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Локтев А. А., Сычев В. П., Локтев Д. А., Дмитриев В. Г. Автоматизированная система выявления дефектов колёс подвижного состава на основе оценки ударного неосесимметричного воздействия колеса на рельс при моделировании верхнего строения пути ортотропной пластиной // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2017. – № 4. – С. 59–70.

2. Виноградов В. В., Локтев А. А., Фазилова З. Т. Математическое моделирование участков переменной жёсткости перед искусственными сооружениями // Мир транспорта. – 2018. – № 3. – С. 72–85.

3. Loktev A., Sychev V., Gluzberg V., Gridasova E. Modeling the dynamic behavior of railway track taking into account the occurrence of defects in the system wheel-rail // В сборнике: MATEC Web of Conferences 26. Сер. «RSP 2017–26<sup>th</sup> R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering» 2017. – № 00108.

4. Пшеничников Г. И. Метод декомпозиции решения уравнений и краевых задач // Доклады Академии наук СССР. – 1985. – Т. 282. – № 4. – С. 792–794.

5. Пшеничников Г. И. Решение некоторых задач строительной механики методом декомпозиции // Строительная механика и расчёт сооружений. – 1986. – № 4. – С. 12–17.

6. Джанмулдаев Б. Д., Аленов К. Т. Построение линейной теории динамического поведения строительных конструкций в виде пластин, находящихся под поверхностью деформируемой среды // Наука и мир. – 2015. – № 5. – С. 46–53.

7. Джанмулдаев Б. Д. Математические методы при исследовании колебаний плоских элементов конструкций, взаимодействующих с деформируемой средой: Монография. – Кызылорда, 2002. – 214 с.

8. Ляв А. Математическая теория упругости. – М. – Л.: ОНТИ, 1935. – 674 с.

9. Морс Ф. М., Фешбах Г. Методы теоретической физики. – М.: Иностранная литература, 1958. – Т. 1, 2. – 854 с.

10. Филиппов И. Г., Чебан В. Г. Математическая теория колебаний упругих и вязкоупругих пластин и стержней. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 190 с.

11. Loktev A. A., Loktev D. A. Transverse impact of a ball on a sphere with allowance for waves in the target // Technical Physics Letters. – 2008. – Т. 34. – № 11. – pp. 960–963.

12. Локтев А. А., Локтев Д. А. Решение задачи ударного взаимодействия твёрдого тела и сферической оболочки лучевым методом // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – 2007. – № 2. – С. 128–135.

13. Сычёв В. П., Локтев А. А., Локтев Д. А., Виноградов В. В. Повышение информативности оценки содержания железнодорожного пути // Мир транспорта. – 2017. – № 2. – С. 20–31.

14. Rossikhin Yu. A., Shitikova M. V., Loktev A. A. The analysis of thin-walled building structures subjected to impact excitation // В сборнике: 4<sup>th</sup> International Ph. D. Symposium in Civil Engineering. – 2002. – pp. 487–492.

15. Локтев А. А. Удар вязкоупругого тела по упругой изотропной пластинке // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2007. – № 3. – С. 417–425.

16. Локтев А. А. Упругий поперечный удар по круглой ортотропной пластинке // Письма в Журнал технической физики. – 2005. – № 18. – С. 4–9. ●

Координаты авторов: **Джанмулдаев Б. Д.** – filial69@rambler.ru, **Локтев А. А.** – aaloktev@yandex.ru, **Аленов К. Т.** – alen80k@mail.ru, **Фазилова З. Т.** – fazil\_1905@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 24.12.2018, принята к публикации 05.02.2019.





## TRANSVERSE OSCILLATION OF A BASE SLAB SECTION OF BALLASTLESS TRACK

**Dzhanmuldaev, Bahitzhan D.**, Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan.  
**Loktev, Alexey A.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.  
**Alenov, Kanat T.**, Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan.  
**Fazilova, Zulfiya T.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The study is devoted to construction of a mathematical model of a slab of a ballastless base of a railway track, assembled from separate segments fastened together. Each rectangular segment is modeled by a transversely isotropic pre-stressed plate. An equation has been obtained that allows researchers to study the natural oscillation frequencies of a rectangular plate, which is especially

important from the point of view of choosing a final design of a ballastless track for high-speed main lines. An important issue solved is damping of supporting structures and separation of frequencies of natural and forced oscillations over different intervals of the frequency spectrum. To solve the set tasks, the decomposition method was used, its effectiveness and relative simplicity were proved.

**Keywords:** railway, high-speed main line, ballastless track, frequency spectrum, mathematical model, Lamé constants, decomposition method, integral and differential operators, viscoelasticity.

**Background.** One of the most promising areas for development of railway transport is associated with high-speed traffic. In the world practice of building high-speed rail for speeds of up to 350 km/h, a block-shaped ballastless base prevails. It can provide for many types of structures: a rail can rest on separate supports or lie on a solid foundation, plates can be prefabricated or monolithic, a rail is held by fasteners or fixed in a plate chute. Despite the relatively high initial cost – twice as expensive as a rail-sleeper track, ballastless structures imply low maintenance costs. In addition, international experience in laying, research and operation of a ballastless track has shown its reliability and expected service life of up to 60 years.

**Objective.** The objective of the authors is to consider transverse oscillations of a slab section at a ballastless track base, to determine the normal displacements of the specified points of the structure in order to provide a model of reinforced concrete foundation for various engineering and geological factors.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach, mathematical methods, specific methods like Maxwell viscoelastic model, differential equations, decomposition method.

### Results.

\*\*\*

The construction of Moscow–Kazan HSR with an extension to Yekaterinburg was declared to be a pilot project of HSR in Russia. For conditions of high speeds up to 400 km/h, work in a cold climate zone with temperature differences up to 100°C, mixed traffic with different loads from the wheel set on rails, and taking into account safety, reliability, strength, maintainability and adaptability, the design of a ballastless track of CRTS III RUS type (the newest Chinese development of Er Yuan) was adopted: a slab of self-compacting concrete, the composition of which was adapted to the Russian conditions of operation. The element-wise circuit design is shown in Pic. 1.

Further development of high-speed traffic involves the use of design of a ballastless track, the development of which implies a thorough calculation of properties of the material of a subrail base. The problem is a live question for both Russia and Kazakhstan.

In this study a slab of a ballastless base of a railway track is considered as a set of interconnected individual segments of reinforced concrete. A typical rectangular plate segment modeled by a transversely isotropic plate

prestressed in one of the directions is studied in more detail, as it corresponds to the most demanded typical structures of a ballastless track [1, p. 62; 2, p. 74].

An important aspect is the fact that the plate material has rheological properties described by the Maxwell viscoelastic model. This option allows to choose mechanical properties so that, on the one hand, to avoid internal resonance, and on the other hand, to obtain the characteristic values of normal movements, which are within the standard interval depending on the speed of rolling stock and the load on an individual wheel set [3, p. 5; 4, p. 792].

The object of our attention is a transversely isotropic pre-stressed plate lying on a deformable base, with dimensions in the plan  $-l_1 \leq x \leq l_1$ ;  $-l_2 \leq y \leq l_2$  made from a viscoelastic material. Let's suppose that the external forces are zero, the initial conditions are non-zero. In this case, there are free vibrations of a plate lying on an elastic base, and they are described by the equation [4, p. 793] for  $W^{(1)}$ , the right side of which must be set equal to zero.

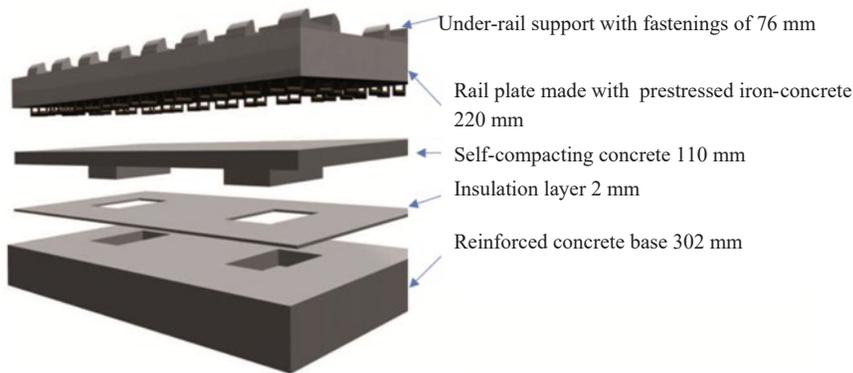
The plate material, as already noted, is viscoelastic and satisfies the Maxwell model:

$$A_{ij} = a_{ij} \left[ \zeta(t) - \frac{1}{\tau} \int_0^t e^{-\frac{t-\xi}{\tau}} \zeta(\xi) d\xi \right],$$

where  $\tau$  – relaxation time.

Pre-dividing both sides of the equation [5, p. 15] by  $(1 + \alpha_0)$ , we get

$$\begin{aligned} & \rho_1 \left( \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} \right) + \\ & + \frac{h^2}{6} \left[ A_1 \left( \frac{\partial^4}{\partial t^4} + \frac{2}{\tau} \frac{\partial^3}{\partial t^3} + \frac{1}{\tau^2} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) W^{(1)} + \right. \\ & \left. + A_2 \left( \frac{\partial^2}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial}{\partial t} \right) \right] \cdot \\ & \cdot \Delta W^{(1)} + A_3 \Delta^2 W^{(1)} \left. \right] + \frac{s}{2h} \left[ \left( \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} + \frac{1}{\tau} W^{(1)} \right) + \right. \\ & + \frac{h^2}{2} \left[ (1 + c_2)^{-1} A_{44}^{-1} + \right. \\ & + 3(1 + a_0)^{-1} A_{33}^{-1} \left( \frac{\partial^3 W^{(1)}}{\partial t^3} + \frac{2}{\tau} \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial t^2} + \frac{1}{\tau} \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} \right) - \\ & \left. \left. - 4(1 + c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} \left( \frac{\partial}{\partial t} + \frac{1}{\tau} \right) \Delta W^{(1)} \right] \right] = 0, \end{aligned} \quad (1)$$



**Pic. 1. Adopted design of a ballastless track superstructure at HSR Moscow–Kazan, CRTS III RUS.**

where  $A_1^{-1} = \rho_1^2 \left[ (1+c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} + 3(1+a_0)^{-1} A_{44}^{-1} \right]$ ;

$$A_2' = \rho_1 \left[ \frac{3(A_{13}^2 - A_{11} A_{33}) A_{33}^{-1} A_{44}^{-1} + A_{13} A_{33}^{-1} - 2(1+c_2)(1+a_0)^{-1}}{A_{13} A_{33}^{-1} - 2(1+c_2)(1+a_0)^{-1}} \right]; \quad (2)$$

$$A_3' = 2 \left[ (1+c_2)(A_{11} A_{33} - A_{13}^2) A_{13}^{-1} \right].$$

A rectangular plate is pivotally supported along the contour and in this case the boundary conditions [6, pp. 84, 164] for the displacement  $W^{(1)}$  get the form:

$$W^{(1)} = 0; \quad \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial x^2} = 0 \quad \text{at } x = -l_1; x = l_1;$$

$$W^{(1)} = 0; \quad \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial y^2} = 0 \quad \text{at } y = -l_2; y = l_2, \quad (3)$$

and initial conditions:

$$W^{(1)} = \varphi_1(x, y); \quad \frac{\partial W^{(1)}}{\partial t} = \varphi_2(x, y); \quad \frac{\partial^3 W^{(1)}}{\partial t^3} = \frac{\partial^2 W^{(1)}}{\partial t^2} = 0$$

at  $t = 0$ . (4)

Moreover, the functions  $\phi_1, \phi_2$  must also satisfy conditions (3).

The solution of equation (1), satisfying the boundary conditions (3), is sought in the form of an infinite double series [7, p. 155; 8, p. 317]:

$$W^{(1)} = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} W_{n,m}(t) \cos \frac{(2n+1)\pi x}{2l_1} \cos \frac{(2m+1)\pi y}{2l_2}. \quad (5)$$

Substituting (5) into (1), for  $W_{n,m}$  we obtain an ordinary differential equation:

$$W_{n,m}^{IV} + B_3 W_{n,m}''' + B_2 W_{n,m}'' + B_1 W_{n,m}' + B_0 W_{n,m} = 0, \quad (6)$$

where  $B_j (j = 0 \dots 3)$ :

$$B_3 = \frac{\tau}{2} + \frac{3s}{h_1^3} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{44}^{-1} + \frac{1}{3(1+a_0)^{-1} A_{33}^{-1}} \right] (1+c_2) A_{33} + (a_0 + 1) A_{44}; \quad (7a)$$

$$B_2 = 1 + A_2 A_1^{-1} + \frac{6}{h_1^2} A_1^{-1} \rho + \frac{\tau}{8} \frac{3s}{h_1^3}; \quad (7b)$$

$$B_1 = \left( A_2 A_1^{-1} \gamma_{n,m} \frac{1}{\tau} + \frac{1}{\tau} \frac{6}{h_1^2} A_1^{-1} \rho \right) + \frac{s}{h_1^3} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{44}^{-1} + 3(1+a_0)^{-1} A_{33}^{-1} \right]; \quad (8a)$$

$$B_0 = A_3 A_1^{-1} \gamma_{n,m}^2 - \frac{2s}{h_1} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} \frac{1}{\tau} \gamma_{m,n}^2 \right]; \quad (8b)$$

$$\text{where } h_1 = (1+c_2)h; \quad \gamma_{n,m} = \left[ \frac{(2n+1)^2}{l_1^2} + \frac{(2m+1)^2}{l_2^2} \right] \frac{\pi^2}{4}.$$

To find the dimensionless natural frequency of the plate [8, p. 216; 9, p. 121], lying on a deformable base, the solution of equation (6) is sought in the form:

$$W_{n,m}(t) = \exp\left(\frac{b_1}{h} \xi t\right); \quad (9)$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{A_{44}}{\rho}},$$

where  $\xi$  – dimensionless complex quantity that contains both the real part and the imaginary part, while the real one characterizes damping of oscillations [10, p. 112; 11, p. 961; 12, p. 130], and the imaginary part describes natural oscillation frequencies.

Substituting (9) into (6), we obtain for  $\xi$  the frequency equation:

$$\xi^4 + C_4 \xi^3 + C_2 \xi^2 + C_1 \xi + C_0 = 0, \quad (10)$$

where  $C_j (j = 0 \dots 4)$  are equal:

$$C_0 = \frac{A_3 \gamma_0^2}{A_1 b_1} + \frac{2s}{h} \left[ (1+c_2)^{-1} A_{11} A_{33}^{-1} \gamma_1 \right];$$

$$C_1 = \frac{1}{\tau_0} \left[ \frac{6\rho_1}{(1+c_2)^2 A_1} + \frac{A_2 \gamma_0}{A_1 b^2} \right] + \frac{2s}{h} \left( A_2 A_1^{-1} \gamma_0 \frac{1}{\tau_0} + \frac{1}{\tau_0} \frac{1}{h^2} A_1^{-1} \right);$$

$$C_2 = \frac{6\rho_1}{(1+c_2)^2 b_1^2} + \frac{A_0 \gamma_0}{A_1 b_1^2} + \frac{1}{\tau_0^2} - \frac{3s}{h^2}; \quad (11)$$

$$C_3 = \frac{2}{\tau_0} + \frac{2hs}{3};$$

$$\gamma_0 = \left[ \frac{(2n+1)^2 h^2}{l_1^2} + \frac{(2m+1)^2 h^2}{l_2^2} \right] \frac{\pi}{4}.$$

As it can be seen from (11), the coefficients  $c_j$  in the equation (10) are positive, and, according to the Hurwitz's theorem, the real parts of the roots of this equation are negative, and that characterizes damping of oscillations [13, p. 20; 14, p. 488; 15, p. 418].

We write the general solution (6) in the form:

$$W_{n,m}(t) = e^{-\alpha t} (a_{m,n} \sin \beta_1 t + b_{m,n} \cos \beta_1 t) + e^{-\alpha t} (c_{n,m} \sin \beta_2 t + d_{n,m} \cos \beta_2 t), \quad (12)$$

where  $\alpha_1 = \text{Re} \xi_1$ ;  $\alpha_2 = \text{Re} \xi_2$ ;  $\beta_1 = \text{Im} \xi_1$ ;  $\beta_2 = \text{Im} \xi_2$ .





Integration constants  $a_{m,n}, b_{m,n}, c_{m,n}, d_{m,n}$  [7, p. 98; 12, p. 131; 16, p. 5] are found from the initial conditions (4).

**Conclusions.** Conducted research on the natural frequencies of vibrations allows not only to correctly select the geometric dimensions of the segments of the slab of a ballastless base, but also to calculate the mechanical characteristics of the materials used, taking into account their viscoelastic properties. The proposed method for calculating the behaviour parameters of the plate can also be adapted in order to account for the moving load, which will help to more accurately describe the nature of deformation of the track structures and predict their condition after multiple cycle and high-frequency effects of the vehicle wheel sets taking into account the anisotropy and prestress of the plate.

The decomposition method has proven itself efficient in solving such problems and can be recommended when calculating the mechanical characteristics in different directions of anisotropy for a ballastless base plate, its reinforcement and expected loads depending on the planned vehicle speeds and axle load, which is especially important when designing and building high-speed rail lines.

The equation obtained in this paper allows one to obtain the natural oscillation frequencies of the slab section of the ballastless base of the railway track, as well as to determine the normal displacements of the specified points of the structure. Changing the initial conditions and conditions for fixing the slab section along the contour will provide a model of reinforced concrete foundation for various engineering and geological factors depending on the area of railway construction.

## REFERENCES

1. Loktev, A. A., Sychev, V. P., Loktev, D. A., Dmitriev, V. G. Automated system for detecting rolling stock wheel defects based on assessment of the nonaxisymmetric impact of a wheel on a rail when modeling track superstructure using an orthotropic plate [Avtomatizirovannaya sistema vyavleniya defektov koles podvizhnogo sostava na osnove otenki udarnogo neosesimmetrichnogo vozdeistviya koleasa na rels pri modelirovanii verkhnego storeniya puti ortotropnoi plastinnoi]. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*, 2017, Iss. 4, pp. 59–70.
2. Vinogradov, V. V., Loktev, A. A., Fazilova, Z. T. Mathematical modeling of sections of variable rigidity in front of artificial structures. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 3, pp. 72–85.
3. Loktev, A., Sychev, V., Gluzberg, B., Gridasova, E. Modeling the dynamic behavior of railway track taking into account the occurrence of defects in the system wheel-rail. In: MATEC Web of Conferences 26. Ser. «RSP 2017–26<sup>th</sup> R-S-P Seminar 2017 Theoretical Foundation of Civil Engineering» 2017, No. 00108.
4. Pshenichnov, G. I. The decomposition method for solving equations and boundary value problems [Metod

dekompozitsii resheniya uravnenii i kraevykh zadach]. *Doklady Akademii nauk SSSR*, 1985, Vol. 282, Iss. 4, pp. 792–794.

5. Pshenichnov, G. I. The solution of some problems of structural mechanics by the decomposition method [Reshenie nekotorykh zadach stroitelnoi mekhaniki metodom dekompozitsii]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*, 1986, Iss. 4, pp. 12–17.
6. Dzhanmuldaev, B. D., Alenov, K. T. Constructing a linear theory of the dynamic conduct of building structures in the form of plates under the surface of a deformable medium [Postroenie lineinoi teorii dinamicheskogo povedeniya stroitelnykh konstruktssii v vide plastin, nakhodyashchikhsya pod poverkhnost'yu deformiruemoi sredy]. *Nauka i mir*, 2015, Iss. 5, pp. 46–53.
7. Dzhanmuldaev, B. D. Mathematical methods in the study of oscillations of flat structural elements interacting with a deformable medium: Monograph [Matematicheskie metody pri issledovanii kolebanii ploskikh elementov konstruktssii, vzaimodeistviyushchikh s deformiruemoi sredoi: Monografiya]. Kyzylorda, 2002, 214 p.
8. Lyav, A. Mathematical theory of elasticity [Matematicheskaya teoriya uprugosti]. Moscow–Leningrad, ONTI publ., 1935, 674 p.
9. Morse, P. M., Feshbach, H. Methods of Theoretical Physics [Metody teoreticheskoi fiziki]. Moscow, Inostrannaya literatura, 1958, Vol. 1, 2, 854 p.
10. Filippov, I. G., Cheban, V. G. Mathematical theory of oscillations of elastic and viscoelastic plates and rods [Matematicheskaya teoriya kolebanii uprugikh i vyazkoprugikh plastin i sterzhnei]. Chisinau, Shtiintsa, 1988, 190 p.
11. Loktev, A. A., Loktev, D. A. Transverse impact of a ball on a sphere with allowance for waves in the target. *Technical Physics Letters*, 2008, Vol. 34, No. 11, pp. 960–963.
12. Loktev, A. A., Loktev, D. A. Solution of the problem of the shock interaction of a solid body and a spherical shell by the ray method [Reshenie zadachi udarnogo vzaimodeistviya tverdogo tela i sfericheskoi obolochki luchevyim metodom]. *Bulletin of Voronezh State University. Series: Physics. Maths*, 2007, Iss. 2, pp. 128–135.
13. Sychev, V. P., Loktev, A. A., Loktev, D. A., Vinogradov, V. V. Increase in informative value of railway track maintenance assessment. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 2, pp. 20–31.
14. Rossikhin, Yu. A., Shitikova, M. V., Loktev, A. A. The analysis of thin-walled building structures subjected to impact excitation. In: 4<sup>th</sup> International Ph. D. Symposium in Civil Engineering, 2002, pp. 487–492.
15. Loktev, A. A., Impact of a viscoelastic body on an elastic isotropic plate [Udar vyazkoprugogo tela po uprugoi izotropnoi plastinke]. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruktssii*, 2007, Iss. 3, pp. 417–425.
16. Loktev, A. A. Elastic lateral impact on a circular orthotropic plate [Uprugiy poperechniy udar po krugloi ortotropnoi plastinke]. *Pisma v Zhurnal tekhnicheskoi fiziki*, 2005, Iss. 18, pp. 4–9.

Information about the authors:

**Dzhanmuldaev, Bahitzhan D.** – D.Sc. (Eng), professor of Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan, filial69@rambler.ru.

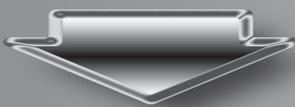
**Loktev, Alexey A.** – D.Sc. (Physics and Mathematics), professor, head of the department of Transport construction of Russian University of Transport, Moscow, Russia, aaloktev@yandex.ru.

**Alenov, Kanat T.** – senior lecturer of Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan, alen80k@mail.ru.

**Fazilova, Zulfiya T.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, fazil\_1905@mail.ru.

Article received 24.12.2018, accepted 05.02.2019.





## ХОЛДИНГ «РЖД»: МОНИТОРИНГ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

«Рост глобальной торговли требует расширения инфраструктурных мощностей для устойчивой транспортировки грузов, в том числе по железным дорогам», — заявил заместитель генерального директора ОАО «РЖД» Олег Тони на стратегической сессии Международного железнодорожного конгресса в Вене 19 марта 2019 года.

По его словам, ежегодный объём инвестиций в капитальное строительство постоянно увеличивается. Создаются условия для эффективного использования международных транспортных коридоров в направлениях «Север—Юг» и «Запад—Восток».

Холдинг «РЖД» для ускорения пропуски транзитных грузов до 2025 года, помимо магистральных железных дорог, будет «расширять» инфраструктуру в транспортных узлах.

«Такие проекты, как Московский транспортный узел, заставили нас по-другому смотреть на технологии строительства железных дорог. Наша задача — не просто вкладывать деньги, важно получать максимальные эффекты при меньшем количестве операций. Поэтому взаимный обмен нашим опытом и опытом зарубежных коллег даст колоссальный эффект», — отметил Олег Тони.

Он сообщил, что холдинг РЖД планирует развивать направление мониторинга новых миро-

вых технологий, отбирать лучшие решения и заниматься их внедрением на практике.

«Мы хотим не изобретать уже изобретённое, а выстраивать собственные технологии на этой базе», — сказал заместитель генерального директора.

По его словам, результаты такого сотрудничества уже есть. Например, совместное российско-австрийское предприятие ООО «РСРС ГмбХ» занимается внедрением современных технологий в строительстве железных дорог. Взаимодействие в рамках Делового совета с Чехией позволяет напрямую с бизнесом решать большую часть вопросов железнодорожных перевозок.

Также строительный комплекс ОАО «РЖД» активно использует элементы геоинформационных технологий при проектировании и новом строительстве. Уже имеется успешный опыт по внедрению одного из элементов геоинформационных систем — технологии высокоточной постановки железнодорожного пути в проектное положение с использованием системы абсолютного позиционирования «PALAS» (Швейцария).

По материалам пресс-службы ОАО «РЖД»:  
[http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE\\_ID=654&layer\\_id=4069&refererLayerId=3307&page\\_3307\\_810=4&id=93432](http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=654&layer_id=4069&refererLayerId=3307&page_3307_810=4&id=93432) ●

## RUSSIAN RAILWAYS HOLDING TO MONITOR PROMISING CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

«The growth of global trade requires the expansion of infrastructure facilities for the sustainable transportation of goods, including by rail,» said Oleg Toni, Deputy Managing Director of Russian Railways, who was speaking at a strategic session of the International Railway Congress in Vienna on March 19, 2019.

According to O. Toni, the annual volume of investment in capital construction is constantly increasing. The right conditions for the efficient use of the North—South and East—West international transport corridors (ITCs) are being put in place.

O. Toni said that the Russian Railways Holding would speed up the transit of goods by 2025 by building and upgrading main railway lines and integrating the infrastructure at transport hubs.

«Projects such as the Moscow transport hub have made us look at railway construction technologies in a different way. Our goal is not just to invest money, it is important to get maximum effects with fewer operations. Therefore, sharing of experience with our foreign colleagues will give a colossal effect», Oleg Toni said. He also noted that the Russian Railways Holding plans to develop monitoring of new global technologies, select the best solutions and implement them in practice.

«We do want not to reinvent the wheel, but build our own technologies on this base,» said the Deputy Managing Director.

According to him, such cooperation has already yielded good results. For example, the Russian-Austrian joint venture LLC RSRS GmbH is introducing modern technologies in the construction of railways, while cooperation through the Business Council with the Czech Republic allows the Company to deal directly with business on most issues affecting rail transport.

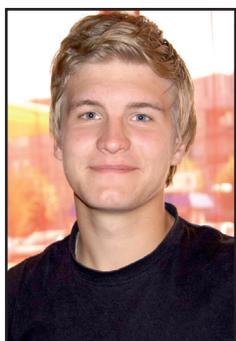
In addition, the construction departments of Russian Railways actively use elements of geo-information technologies in design work and new construction. The Company has already got successful experience in introducing one of the components of geo-information systems — the technology of laying railway track with a very high degree of accuracy in accordance with the project's specifications using the Swiss PALAS absolute positioning system.

Compiled from JSC Russian Railways news:  
[http://eng.rzd.ru/newse/public/en?STRUCTURE\\_ID=15&layer\\_id=4839&refererLayerId=5074&id=107464](http://eng.rzd.ru/newse/public/en?STRUCTURE_ID=15&layer_id=4839&refererLayerId=5074&id=107464) ●





# Принципы модульности проектирования и обслуживания локомотивов



Глеб НЕКРАСОВ  
Gleb I. NEKRASOV

Валентин БАЛАБИН  
Valentin N. BALABIN



*Некрасов Глеб Игоревич – старший преподаватель Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Балабин Валентин Николаевич – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

## Principles of Modularity in Design and Maintenance of Locomotives

*(текст статьи на англ. яз.  
English text of the article – p. 86)*

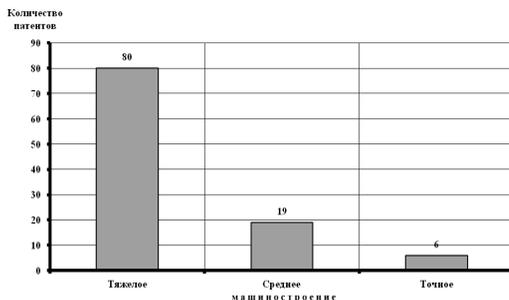
**Выполнен тематический патентный поиск по направлениям проектирования модульных систем на транспорте и в промышленности. Наибольший процент использования имеют: железнодорожное, сельскохозяйственное, энергетическое машиностроение, космическая промышленность и судостроение. В меньшей степени модульный принцип проектирования задействован в среднем и точном машиностроении. Рассмотрена новая концепция применения на локомотивах модулей основного и вспомогательного оборудования, при которой уделяют ключевое внимание компонентам модулей и унификации их комплектующих. Применение модульной компоновки оборудования в машинном отделении позволяет значительно снизить эксплуатационные затраты и ускорить сервисные операции обслуживания локомотивов. Проведено сравнение операций оперативного обслуживания болидов «Формулы-1» и модульных локомотивов.**

**Ключевые слова:** локомотив, патентный поиск, модульное проектирование, транспортное машиностроение, эксплуатация, железные дороги.

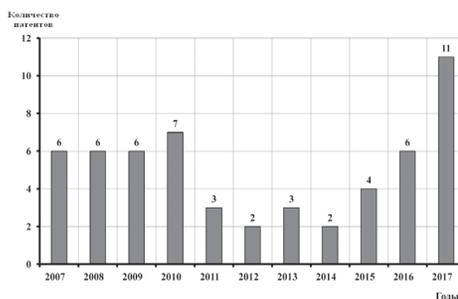
**М**одульное проектирование, как показал патентный поиск, в последнее десятилетие получило распространение в различных сферах промышленности: автомобиле- и судостроении, железнодорожном машиностроении, энергетике, авиационной, космической, радиоэлектронной отраслях. На рис. 1 приведена диаграмма патентования способов проектирования и конструирования устройств на основе модульности в машиностроении.

Как видно из диаграммы, самый большой процент использования модульности относится к тяжёлому машиностроению, в частности наиболее значимую долю имеют: железнодорожное, сельскохозяйственное, энергетическое машиностроение, космическая промышленность и судостроение. В меньшей степени модульный принцип проектирования задействован в среднем и точном машиностроении. Там можно выделить автомобильную промышленность, станкостроение, робототехнику, радиотехническую и электронную продукцию.

По результатам поиска за десять лет было выявлено 48 российских патентов,



**Рис. 1. Количество патентов по модульности оборудования в машиностроении.**



**Рис. 2. Динамика патентной активности в России по годам.**

относящихся к исследуемой теме и отвечающих ключевым параметрам. На рис. 2 представлена диаграмма, иллюстрирующая динамику отечественного патентования.

Из диаграммы следует, что пик активности в данной области приходится на 2007–2010 годы. В настоящее время изобретательская деятельность также начинает заметно активизироваться.

## МОДУЛЬНОСТЬ В ЛОКОМОТИВОСТРОЕНИИ

На фоне широкого применения блочно-модульного проектирования агрегатов и систем на различных транспортных средствах, не стало исключением и локомотивостроение. Известные зарубежные компании создают тяговый подвижной состав на базе унифицированных платформ [1, с. 45].

Модульная конструкция локомотива — это быстросъёмные каркасы, внутри которых компактно установлено оборудование одного назначения. Локомотив содержит отдельные, индивидуальные базы с вложенными в них модулями. Далее модули komponуют в секции, располагаемые определённым образом в машинном отделении и предназначенные для выполнения чётко определённой группы основных и вспомогательных (обслуживающих) операций.

При установке модулей извне должны быть предусмотрены люки с направляющими заходными фасками и конусными поверхностями, обеспечивающими беспрепятственный, спокойный ход сочленяющихся частей при стыковке быстроразъёмных соединений и самих модулей с базой. Для центровки модулей при их стыковке с базой используются технологи-

ческие оправки, подвески и другая сопутствующая оснастка.

В России опытное проектирование модульных локомотивов начали практиковать с 2004–2005 годов. Пионером в использовании модульных конструкторско-технологических решений является Коломенский машиностроительный завод с его пассажирским тепловозом ТЭП70БС и грузовым аналогом — двухсекционным 2ТЭ70<sup>1</sup>. Опыт развивается, и завод уверенно переходит к проектированию, строительству и обслуживанию модульных локомотивов.

Сегодня, в соответствии со стратегией совершенствования поршневых двигателей и автономных локомотивов, следует координировать участие всех разработчиков комплектующих элементов для основных и обеспечивающих модулей. Нужно коренным образом менять существующую устаревшую концепцию проектирования локомотивов, уделяя ключевое внимание компонентам модулей и унификации их комплектующих. В коррекции нуждается вся философия проектирования и создания модулей, которая призвана учитывать все возможные риски и организационные опасности при модернизации производства.

Безусловно, стандартные размеры сборочных единиц при этом должны быть заданы не однозначно, а в виде параметрического ряда, устанавливающего габариты секций и блоков для локомотивов разных конструкций и назначения. Например, для тепловозов с цельнонесущим закрытым кузовом и ферменно-раскосной системой каркаса монтаж и демонтаж модулей сбоку

<sup>1</sup> [Электронный ресурс]: <http://kolomna.supportix.ru/about/history/2005–2010>.



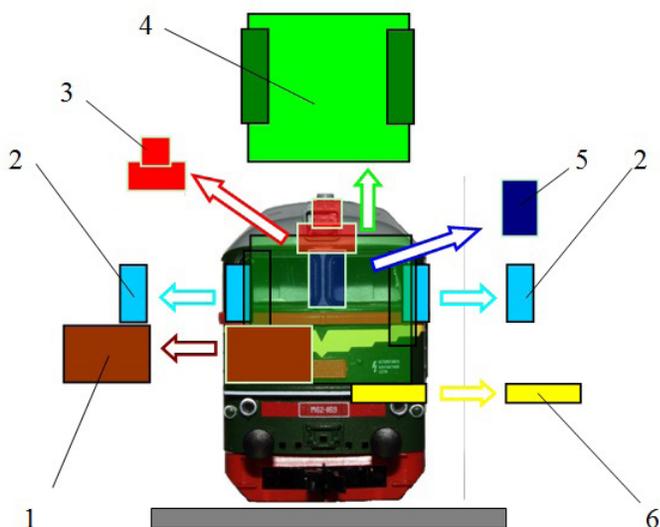


Рис. 3. Основные модули вспомогательных систем дизеля.



Рис. 4. Момент установки модуля топливной системы в тепловоз.

затруднён треугольными раскосами (цельнонесущий закрытый кузов имели и имеют действующие и опытные тепловозы: ТЭП70БС, 2ТЭ121, ТЭ136, 2ТЭ126, ТЭ127, ТЭП75).

Проще решаются вопросы проектирования на локомотивах с несущими, главными рамами и продольными хребтовыми балками. В этом случае закрытый кузов, представляющий собой систему из рамы и боковых стенок, легко можно разбить на окна-ячейки, через которые загружаются

модули вспомогательного оборудования дизеля.

В сочетании с агрегатированием механизмов и оборудования локомотивосборочное производство должно превратиться в отдельное блочно-модульно-монтажное. И почти всё оборудование будет монтироваться в виде агрегатов при сборке модулей. Соответственно в модулях полностью выполняются трубопроводные и электромонтажные работы с выводом на стыковочные мультисоеди-

Таблица 1

Пит-стоп «Формулы-1»	Пит-стоп локомотива
	
<b>Сообщение о пит-стопе</b>	<b>Сообщение о пит-стопе</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• По радиосвязи проходит информация пилоту о готовности принять машину на пит-стоп.</li> <li>• Второй вариант: сам гонщик сообщает команде, что требуется оперативный, внеплановый заезд на пит-стоп.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• В соответствии с графиком движения поездов проходит информация о готовности принять локомотив на плановый пит-стоп.</li> <li>• Бортовая диагностика выявила предельное, предаварийное состояние оборудования локомотива, требующее внеплановый пит-стоп.</li> </ul>
<b>Подготовка к пит-стопу</b>	<b>Подготовка к пит-стопу</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Бригада обслуживания выходит с двух сторон на пит-лейн с необходимым оборудованием.</li> <li>• Гонщик сворачивает на пит-лейн и с пониженной скоростью следует на оборудованное и обозначенное место.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Проходит ожидаемая информация о точном времени прибытия локомотива на пит-лейн.</li> <li>• В соответствии с регламентом подготавливаются логистические юнит-модули или отдельные элементы – микромодули в модуле.</li> <li>• Роботы-манипуляторы проходят оперативное тестирование на соответствие выполняемой работе.</li> </ul>
<b>Остановка на пит-лейне</b>	<b>Остановка на пит-лейне</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Все внешние операции обслуживающей бригады запрещены до момента полной остановки болида.</li> <li>• Задача пилота – остановиться максимально точно в отведённом пространстве.</li> <li>• При остановке следует ориентироваться либо на механика, держащего подъёмник передней части болида, либо на механика, который держит руку так, что при правильной остановке середина передней шины будет точно под его рукой.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Все операции запрещены до момента полной остановки и закрепления локомотива.</li> <li>• Локомотивная бригада выключает и обесточивает все системы локомотива (глушит дизель, отключает аккумуляторную батарею и др.) в соответствии с принятым регламентом.</li> <li>• Включение приводов роботов-манипуляторов выполняется только после выхода бригады из зоны обслуживания локомотива.</li> <li>• Контроль за перемещением людей выполняют датчики присутствия в зоне обслуживания.</li> </ul>

нительные платы с быстроразъёмными соединениями.

Для исключения непредвиденных случаев и нестыковок монтажные операции в модулях должны быть промоделированы в 3D-пакете с оптимизацией основных координатных процедур, что позволит уже на первой стадии проектирования найти все несоответствия в технологии монтажа и разработать корректирующие планы.

После сборки модули поступают на проверочные стенды, с помощью которых можно убедиться в работоспособности смонтированного оборудования, для чего эти стенды имитируют алгоритм функционирования дизеля и других систем тепловоза.

Компонуется модули обеспечения работы дизель-генератора, холодильной и высоковольтной камер, вентиляторов

охлаждения оборудования, мотор-компрессора, аккумуляторной батареи, песочных бункеров и т.п.

На локомотивах целесообразно использование функциональных модулей, основу которых составляет известное оборудование (механическое, тепло-, гидро- и электротехническое, микропроцессорное и электронное и др.) [2, с. 15–16; 3, с. 34].

Можно выделить и установить шесть основных модулей обеспечения дизель-генератора (рис. 3): смазки – 1, воздухоподготовки – 2, газовыпуска – 3, охлаждения дизеля – 4, охлаждения электрических машин – 5, топливной системы – 6.

По своему функциональному направлению модули делятся на стандартные и оригинальные, а также на управляющие и исполнительные.



Работа над машиной	Работа над локомотивом
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Два механика, спереди и сзади, поднимают болид.</li> <li>• Рядом с каждым колесом находятся по три механика: один забирает снятое колесо, другой подаёт колесо из свежего комплекта, а третий непосредственно снимает и надевает колесо. Закрепив новое колесо, механик поднимает руку, сигнализируя об окончании работы. Обычно при согласованных действиях механиков замена резины занимает 2,5–3 секунды.</li> <li>• После окончания работ по замене колёс подъёмники опускают машину на дорогу.</li> <li>• Ещё два механика оперативно прочищают с двух сторон воздухозаборники болида.</li> <li>• Один механик протирает забрало шлема гонщика.</li> <li>• Механики также выполняют и другие операции, как то: заправка бака топливом, изменение угла атаки антикрыльев, снятие датчиком характеристик шин и так далее. Ещё один механик стоит с переносным стартером на случай, если мотор болида неожиданно заглохнет.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• По сигналу сирены в зоне РСМТ начинают работу роботы-манипуляторы.</li> <li>• Работа выполняется параллельно несколькими манипуляторами.</li> <li>• Манипулятор-заправщик № 1 подсоединяет шланг к горловине топливного бака, второй шланг – к горловине картера дизеля, третий шланг к расширительному баку модуля системы охлаждения.</li> <li>• Манипулятор № 2 обеспечивает замену модуля топливной системы или элемента этой системы.</li> <li>• Манипулятор № 3 работает с модулем системы смазки или с элементами этого модуля.</li> <li>• Манипулятор № 4 производит необходимые замены модуля системы охлаждения или элементов этого модуля.</li> <li>• Манипулятор № 5 обеспечивает замену модуля высоковольтной камеры.</li> <li>• Манипуляторы № 6 и № 7 производят работы с модулями песочных бункеров по торцам кабины и кузова.</li> <li>• Манипулятор № 8 обеспечивает регламентные замены модулей мотор-компрессоров, систем воздухоподготовки и газовойпуска дизеля, а также контролирует экипажную часть и другие модули вспомогательных систем (аккумуляторные батареи, оборудование кабины и др.).</li> <li>• При выходе из строя манипуляторов (от одного до семи) все регламентные работы могут выполнять последовательно оставшиеся манипуляторы с соответствующим увеличением продолжительности нахождения локомотива на пит-стопе.</li> <li>• Обычно при согласованной нормальной работе по регламенту замена модулей с последующей диагностикой занимает 2,5–6 минут (без времени, затрачиваемого на экипировку).</li> </ul>
<b>Готовность машины.</b>	<b>Готовность локомотива</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ответственность за выпуск болида на трассу несёт старший механик группы. Как только этот человек убедился в том, что все работы над машиной завершены, никто не находится на пути её движения и по пит-лейн вблизи боксов не проезжает, он поднимает шток с табличкой, выпуская гонщика с пит-стопа.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• После окончания работы производится габаритное позиционирование роботов-манипуляторов и отключение их приводов.</li> <li>• Диагностируются все системы в установленных модулях локомотива.</li> <li>• По окончании диагностики и после получения разрешающего сигнала производится автоматический пуск дизеля и диагностируется его работа на холостом ходу.</li> <li>• Производится безреостатная настройка тяговой передачи.</li> <li>• Выполняется секвенция аппаратов и силовых цепей.</li> <li>• Поступает сигнал об окончании сервис-модульного обслуживания локомотива и следует вызов локомотивной бригады.</li> </ul>

### СОЗДАНИЕ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СЕРВИС-МОДУЛЬНОЙ ТОЧКИ (РСМТ)

Последовательность её разработки такова: анализируется и уточняется функциональное наполнение РСМТ, определяются конструкторская и исполнительская базы, комплектуется информационная база, в том числе группы датчиков – инфракрасные, передвижения, прикосновения и т.д. Из существующей номенклатуры выбирается комплекс управления системами и путевыми роботами [4, с. 37; 5, с. 30].

По необходимости априори учитывается совместимость систем и баз по функционально-иерархическим признакам с другими автоматизированными системами, в том числе применяемыми в родственных

отраслях. По возможности используются проверенные типовые, серийные устройства с едиными элементными группами.

Переход на систему обслуживания модульных локомотивов предусматривает взаимодействие РСМТ с новой структурой – сервис-модульным центром (СМЦ).

За любой брак, выявляемый на всём протяжении цикла функционирования юнит-модулей, СМЦ будет нести ответственность, поэтому прогнозируется высокое качество обслуживания и ремонта модулей на подведомственной территории центра.

Компоновка модулей в машинном отделении должна предусматривать лёгкий

доступ к ним как снаружи (со всех сторон и сверху локомотива), так и изнутри, а также по возможности обеспечивать лёгкую их замену при минимальных затратах времени и энергии.

На рис. 4 для примера показан момент установки модуля топливной системы в тепловоз [6, с. 145; 7, с. 5; 8, с. 1].

## ОСОБЕННОСТИ ОПЕРАЦИЙ ОПЕРАТИВНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА МОДУЛЬНОЙ ОСНОВЕ

Для наглядности приведено сравнение основных процессов, выполняемых на пит-стопах болидов «Формулы 1» и предлагаемых РСМТ на локомотивах (таблица 1) [9, 10].

## ВЫВОДЫ

Модульная конструкция локомотива позволяет:

- снизить эксплуатационные и ремонтные затраты при работе локомотивов на различных полигонах и в различных условиях;
- уменьшить затраты на ТО и ТР в эксплуатации;
- унифицировать модули основных и вспомогательных систем для различных типов и серий локомотивов;
- повысить все показатели надёжности, безотказности и ремонтпригодности комплектующего оборудования в модулях, продлить срок службы локомотива;
- снизить непредсказуемость человеческого фактора при выполнении операций ТО и ТР;
- использовать методы диагностики оборудования модулей на качественно новых принципах;
- сократить цикл межпоездного обслуживания локомотивов, обеспечив замену модулей в течение нескольких минут на сервис-модульных точках [1, с. 48];
- обеспечить логистические программы оперативной транспортировки модулей между сервис-модульными центрами и сервис-модульными точками;
- придать машинному отделению эстетический и эргономичный вид, обеспечить установку всех агрегатов, трубопроводов

и отдельных деталей в пределах габаритов модулей;

- внедрить новые концепции манипуляторов, установленных в сервис-модульных точках, освоить полностью безлюдную технологию;
- гарантировать высокий коэффициент технической готовности локомотивов;
- использовать прогрессивные конструкторские и технологические решения для унификации локомотивов с ориентацией на потребности заказчика.

Локомотивы, созданные по принципу модульности, будут иметь высокую надёжность, технологичность и унификацию, что даст возможность реализовать со временем многие инновационные технические решения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балабин В. Н., Брагин А. В. Сервис-модульные центры – новая философия эксплуатации и обслуживания модульных локомотивов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 4. – С. 44–48.
2. Балабин В. Н. Совершенствование компоновки и привода оборудования системы охлаждения дизелей тепловозов // Сб. статей по итогам Международной научно-практической конференции. 04 февраля 2018 г., Челябинск–Стерлитамак. – 2018. – С. 15–18.
3. Балабин В. Н. Концепция модульной компоновки вспомогательного оборудования локомотива // Локомотив. – 2015. – № 3. – С. 34–36.
4. Балабин В. Н. Роботизированные технологические комплексы – новое направление в эксплуатации и обслуживании локомотивов // Локомотив. – 2015. – № 5. – С. 36–38.
5. Балабин В. Н. Сервис-модульные центры – философия будущего обслуживания модульных локомотивов // Локомотив. – 2015. – № 4. – С. 28–30.
6. Балабин В. Н., Калугин С. П., Брагин А. В. Юнит-модульная компоновка основного оборудования – новая философия конструирования локомотивов // Наука молодых: сборник материалов международной научной конференции. Москва, 19–20 ноября 2015 г. – М.: Рус Альянс Сова, 2015. – С. 144–150.
7. Шугаев А. С. Локомотивы из «конструктора» // Гудок. – 2006. – 25 июля. – С. 5.
8. Брексон В. В., Ляйтель М., Неустроев П. П., Голоднов А. Н. Патент на полезную модель № 109442. Модульная компоновка оборудования в кузове локомотива. Класс В61С17. Общество с ограниченной ответственностью «Уральские локомотивы» (RU).
9. Бригада. Зачем для пит-стопа «Формулы-1» нужны 22 человека? [Электронный ресурс]: <https://motor.ru/lab/pitstop.htm>. Доступ 14.01.2019.
10. Анатомия пит-стопа. [Электронный ресурс]: <http://kartclub.info/2012-08-31-10-38-25/3151-anatomija-pit-stopa>. Доступ 14.01.2019.

Координаты авторов: Некрасов Г. И. – [andestendik@mail.ru](mailto:andestendik@mail.ru), Балабин В. Н. – [vbn2347@gmail.com](mailto:vbn2347@gmail.com).

Статья поступила в редакцию 23.12.2018, принята к публикации 04.02.2019.



**Nekrasov, Gleb I.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.  
**Balabin, Valentin N.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

**ABSTRACT**

Thematic patent search was performed that determined design directions for modular systems in transport and industry. The largest percentage of use is characteristic of: railway, agricultural, power engineering, space industry and shipbuilding. To a lesser extent, the modular design principle is involved in medium heavy and precision engineering.

A new concept of application of modules of the main and auxiliary equipment on locomotives is considered, in which key attention is paid to the

components of modules and unification of their components. It is necessary to change the philosophy of design and creation of modules, taking into account all possible risks and organizational hazards during modernization of production. The use of modular equipment layout in the engine compartment can significantly reduce operating costs and speed up the service operations during locomotive maintenance. A comparison of operations of current maintenance of Formula 1 cars and modular locomotives has been made.

*Keywords:* locomotive, patent search, modular design, transport engineering, operation, railways.

**Background.** Thematic patent search showed that modular design in the last decade has become widespread in various industries: automotive and shipbuilding, railway engineering, energy, aviation, aerospace, radioelectronic industries. Pic. 1 shows a diagram of patenting of methods for designing devices based on modularity in mechanical engineering.

As can be seen from the diagram, the largest percentage of use of modularity is related to heavy engineering, and railway agricultural, power engineering, space industry and shipbuilding have the most significant share. To a lesser extent, the modular design principle is involved in medium heavy and precision engineering. There can be identified: automotive industry, machine tools, robotics, radio and electronic products.

According to the search results for ten years, 48 Russian patents related to the topic under research and meeting key parameters were identified. Pic. 2 is a diagram illustrating the dynamics of domestic patenting.

From the diagram it follows that the peak of activity in this area took place in 2007–2010. Currently, inventive activity is also beginning to noticeably intensify.

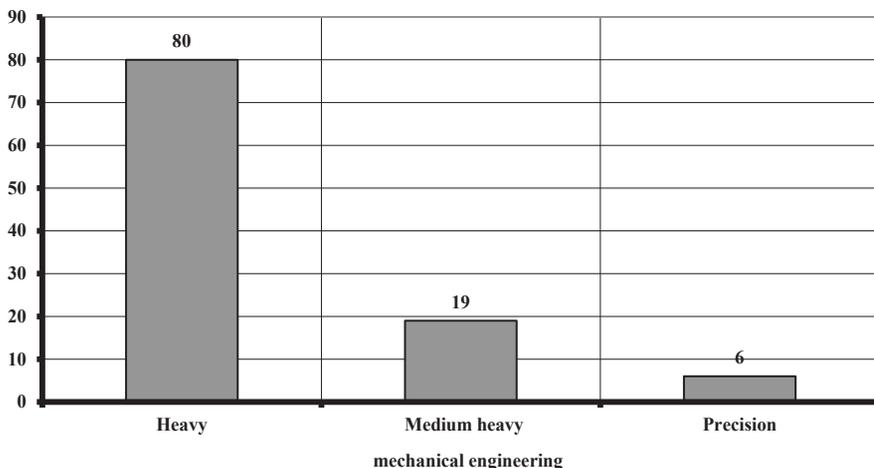
Modularity in locomotive building. Block-modular design of aggregates and systems is widely used on vehicles for various purposes. Locomotive building is no exception. Leading global locomotive companies create traction rolling stock on the basis of unified platforms [1, p. 45].

The modular locomotive design is a quick-detachable frame, inside which compact equipment single-purposed equipment is installed. The locomotive contains separate, individual bases, with modules embedded in them. Next, the modules are arranged in sections that are located in a certain way in the engine compartment and are designed to perform a clearly defined group of main and auxiliary (serving) operations.

When installing modules from the outside, hatches with guiding lead-in chamfers and tapered surfaces should be provided to ensure smooth, quiet running of joining parts when docking the quick-detachable couplings and the modules themselves to the base. To align the modules when they dock with the base, technological mandrels, hangers and other related equipment are used.

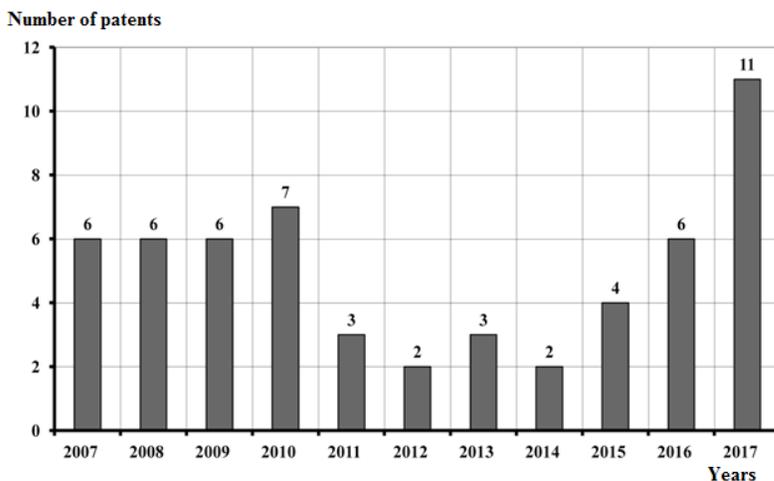
**Objective.** The objective of the authors is to consider principles of modular design and maintenance of locomotives, and to study the advantages there-of.

Number of patents

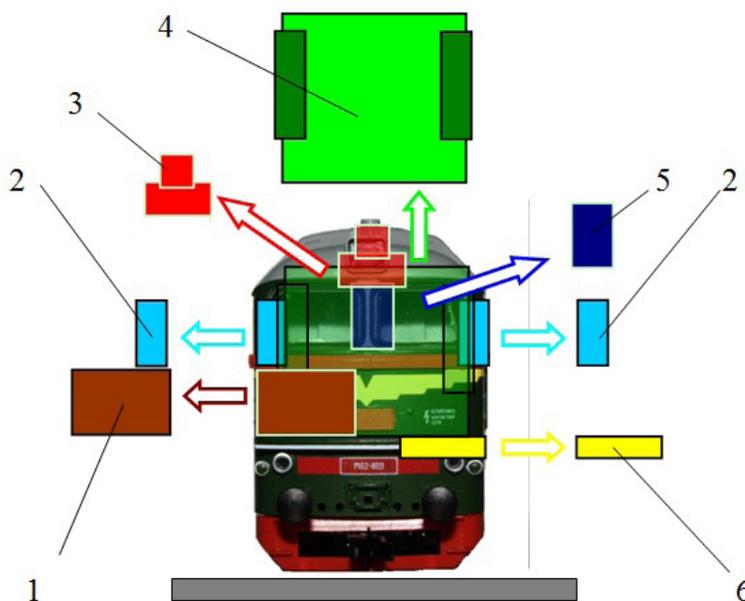


**Pic. 1.** The number of patents on modularity of equipment in mechanical engineering.





Pic. 2. Dynamics of patent activity in Russia by year.



Pic. 3. The main modules of auxiliary diesel systems.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, comparative and patent analysis, evaluation approach, graph construction.

**Results.** In Russia, experimental design of modular locomotives began to be practiced from 2004–2005. A pioneer in the use of modular design and technological solutions is Kolomna Machine-Building Plant with its passenger diesel locomotive TEP70BS and a cargo analogue – two-section 2TE70<sup>1</sup>. The plant develops this expertise regarding design, construction and maintenance of modular locomotives.

Today, in accordance with the strategy of improving piston engines and autonomous

locomotives, participation of all the developers of component parts for the main and supporting modules should be coordinated. It is necessary to fundamentally change the existing outdated concept of designing locomotives, paying key attention to components of modules and unification of their components. The whole philosophy of design and creation of modules needs to be corrected, which is designed to take into account all possible risks and organizational hazards during production modernization.

Of course, the standard dimensions of assembly units should not be directly specified, but in the form of a parametric series, establishing dimensions of sections and blocks for locomotives of different designs and purposes. For example, for diesel locomotives with a full-carrying closed body and a truss-diagonal frame system, assembly and

<sup>1</sup>[Electronic resource]: <http://kolomna.supportix.ru/about/history/2005–2010>.



Pit stop of Formula 1	Pit stop of a locomotive
	
<b>Message about a pit stop</b>	<b>Message about a pit stop</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• The information to the driver about the readiness to take the car to the pit stop is communicated by radio.</li> <li>• The second option: the driver himself tells the team that a quick, unscheduled pit stop is required.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In accordance with the train schedule, information about the readiness to accept the locomotive for the planned pit stop is communicated.</li> <li>• On-board diagnostics revealed the ultimate, pre-emergency condition of the locomotive equipment, requiring an unplanned pit stop.</li> </ul>
<b>Preparation for a pit stop</b>	<b>Preparation for a pit stop</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Service team comes out from two sides in the pit lane with the necessary equipment.</li> <li>• Racer turns into a pit lane and with reduced speed follows on the equipped and designated place.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Expected information about the exact time of arrival of the locomotive in the pit lane is communicated.</li> <li>• In accordance with the regulations, logistic unit modules or individual elements – micromodules in the module are prepared.</li> <li>• Robot manipulators undergo operational testing for compliance with the work performed.</li> </ul>
<b>Stop on a pit lane</b>	<b>Stop on a pit lane</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• All external operations of the service crew are prohibited until the car is completely stopped.</li> <li>• The driver's task is to stop as precisely as possible in the allotted space.</li> <li>• When stopping, it is necessary to focus on either the mechanic holding the lifter of the front end of the car, or the mechanic who holds his hand in such a way that when the car is properly stopped, the middle of the front tire will be exactly under his arm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• All operations are prohibited until the moment of a complete stop and fixation of the locomotive.</li> <li>• The locomotive crew turns off and de-energizes all systems of the locomotive (turns off diesel, turns off the battery, etc.) in accordance with the adopted regulations.</li> <li>• Switching on the drives of robot manipulators is performed only after the crew leaves the service area of the locomotive.</li> <li>• The movement of staff is monitored by the presence sensors in the service area.</li> </ul>



*Pic. 4. The moment of installation of a fuel system module in a diesel locomotive.*

**Table 1 (continued)**

Work on the car	Work on the locomotive
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Two mechanics, front and rear, raise the car.</li> <li>• There are three mechanics next to each wheel: one picks up the removed wheel, the other gives the wheel from a fresh set, and the third one directly removes and puts on the wheel. Having fixed the new wheel, the mechanic raises his hand, signaling the end of work. Usually, with coordinated actions of mechanics, replacement of rubber takes 2,5–3 seconds.</li> <li>• After completion of replacement of the wheels, the lifters lower the car onto the road.</li> <li>• Two more mechanics quickly clean the air intakes of the car from both sides.</li> <li>• One mechanic rubs the racer's visor.</li> <li>• Mechanics also perform other operations, such as: filling the tank with fuel, changing the angle of attack of the rear wings, recording the tire characteristics by the sensor, and so on. Plus, one mechanic stands with a portable starter in case the car's engine suddenly stalls.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• At the signal of the siren in repair zone, robot manipulators begin to work.</li> <li>• Work is performed in parallel by several manipulators.</li> <li>• The manipulator-refueling unit No. 1 connects the hose to the fuel tank neck, the second hose to the neck of the diesel engine crankcase, the third hose to the expansion tank of the cooling system module.</li> <li>• Manipulator No. 2 provides for replacement of the fuel system module, or replacement of an element of this system.</li> <li>• Manipulator No. 3 works with the lubrication system module, or with elements of this module.</li> <li>• Manipulator No. 4 performs necessary replacements of the cooling system module, or elements of this module.</li> <li>• Manipulator No. 5 provides replacement of the high-voltage camera module.</li> <li>• Manipulators No. 6 and No. 7 produce work with sand bunk modules at the ends of the cab and body.</li> <li>• Manipulator No. 8 provides routine replacements for the modules of motor-compressors, air preparation systems and diesel gas outlets, as well as controls the crew part and other modules of auxiliary systems (batteries, cabin equipment, etc.).</li> <li>• In case of failure of manipulators (from one to seven), all maintenance work can be performed sequentially by the remaining manipulators with a corresponding increase in the duration of the locomotive stay at the pit stop.</li> <li>• Usually, in case of coordinated normal operation, according to the regulations, replacement of modules with subsequent diagnostics takes 2,5–6 minutes (without time spent on equipment).</li> </ul>
<b>Car readiness.</b>	<b>Locomotive readiness</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Responsibility for car release onto the track is borne by a senior mechanic of the group. Once this person is convinced that all work over the machine has been completed no one is in the way of its movement and no one drives on the pit lane near the boxes, he raises stock with a sign releasing a racer from pit stop.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• After work is completed, dimensional positioning of the robotic arms is performed and their actuators are turned off.</li> <li>• All systems are diagnosed in installed locomotive modules.</li> <li>• At the end of the diagnostics and on receiving the permission signal, the diesel engine is automatically started and its operation is diagnosed at idle.</li> <li>• A dead endless adjustment of the drive train is made.</li> <li>• Sequencing of devices and power circuits is performed.</li> <li>• A signal is received about the end of the service-module maintenance of the locomotive and the locomotive crew is called.</li> </ul>

disassembly of modules on the side is complicated by triangular braces. Operating and test diesel locomotives: TEP70BS, 2TE121, TE136, 2TE126, TE127, TEP75 had and still have the whole-carrying closed body.

It is easier to solve design problems on locomotives with bearing, main frames and longitudinal spinal beams. In this case, the closed body, which is a system of frame and side walls, can be easily divided into window cells through which the modules of auxiliary equipment of the diesel engine are loaded.

In combination with aggregation of mechanisms and equipment, locomotive assembly production should be transformed into a separate block-modular installation. And almost all the equipment will be mounted in the form of units during assembly of modules. Accordingly, piping and electrical work with the output to the docking multi-connecting boards with quick-detachable couplings are carried out in full within the modules.

To exclude unforeseen cases and inconsistencies, installation operations in modules should be modeled in a 3D package with optimization of basic coordinate procedures, which will make it possible to find all discrepancies in the installation technology and

develop corrective plans as soon as at the first design stage.

After assembly, modules arrive at test stands, with the help of which one can verify operability of the assembled equipment, for which these stands imitate the algorithm of functioning of a diesel engine and other diesel locomotive systems.

The modules for ensuring operation of a diesel generator, refrigerating and high-voltage chambers, cooling fans, a motor-compressor, a battery, sand bins, etc. are assembled.

On locomotives, it is advisable to use functional modules, which are based on known equipment (mechanical, thermal, hydraulic and electrical, microprocessor and electronic, etc.) [2, pp. 15–16; 3, p. 34].

It is possible to isolate and install six main modules for providing a diesel generator (Pic. 3): lubricants – 1, air conditioning – 2, gas outlets – 3, diesel cooling – 4, electric machines cooling – 5, fuel system – 6.

By their functionality modules are divided into standard and original, as well as control and executive ones.

Creating a robotic service-modular point (RSMT). The sequence of its development is as follows: functional content of RSMT is analyzed and refined, design and



performance bases are determined, information base is completed, including sensor groups – infrared, movements, touches detectors, etc. From the existing nomenclature, a complex of control of systems and track robots is selected [4, p. 37; 5, p. 30].

A priori compatibility of systems and databases with respect to functional hierarchical features with other automated systems, including those used in related industries, is taken into account. If possible, proven standard, serial devices with a single element groups are used.

The transition to the modular locomotive maintenance system provides for interaction of RSMT with the new structure – the service-modular center (SMC).

SMC will be responsible for all failures detected during unit operation cycle, therefore, a high quality of service and repair of modules is foreseen in the subordinated territory of the center.

The layout of modules in the engine compartment should provide easy access to them both from the outside (from all sides and from the top of the locomotive) and from the inside, as well as whenever possible, should ensure their easy replacement with minimal time and energy.

Pic. 4, for example, shows the moment of installation of a fuel system module in a diesel locomotive [6, p. 145; 7, p. 5; 8, p. 1].

Features of operations of run time service on a modular basis. For clarity, we compare the main processes performed on the pit stops of Formula 1 cars and the proposed RSMT on locomotives (Table 1) [9, 10].

#### Conclusions.

The modular locomotive design allows to:

- reduce operating and maintenance costs when operating locomotives at various landfills and under different conditions;
- reduce the cost of maintenance and repair in operation;
- unify the modules of the main and auxiliary systems for various types and series of locomotives;
- increase all indices of reliability, dependability and maintainability of the component equipment in the modules, to extend the service life of the locomotive;
- reduce unpredictability of the human factor in performance of operations of maintenance and repair;
- use diagnostic methods for equipment modules based on qualitatively new principles;
- reduce the cycle of servicing of locomotives, ensuring replacement of modules within a few minutes with service-modular points [1, p. 48];
- provide logistical programs for efficient transportation of modules between service-modular centers and service-modular points;
- give the engine compartment aesthetic and ergonomic appearance, ensuring installation of all units, pipelines and individual parts within the dimensions of the modules;
- introduce new concepts of manipulators installed in service-modular points, master completely deserted technologies;

- guarantee a high rate of technical readiness of locomotives;

- use advanced design and technological solutions to harmonize locomotives with a focus on customer needs.

Locomotives built on the principle of modularity will have high reliability, manufacturability and harmonization, which will make it possible to implement many innovative technical solutions over time.

## REFERENCES

1. Balabin, V. N., Bragin, A. V. Service-module centers – a new philosophy of operation and maintenance of modular locomotives [*Servis-modulnie tsenry – novaya filosofiya ekspluatatsii i obsluzhivaniya modulnykh lokomotivov*]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2014, Iss. 4, pp. 44–48.
2. Balabin, V. N. Improving the layout and drive of the equipment for diesel locomotive cooling systems [*Sovershenstvovanie komponovki i privoda oborudovaniya sistemy okhlazhdeniya dizelei teplovozov*]. *Proceedings on the results of the International Scientific and Practical Conference February 4, 2018, Chelyabinsk–Sterlitamak*, 2018, pp. 15–18.
3. Balabin, V. N. The concept of modular layout of auxiliary equipment of a locomotive [*Kontseptsiya modulnoi komponovki vspomogatelnogo oborudovaniya lokomotiva*]. *Lokomotiv*, 2015, Iss. 3, pp. 34–36.
4. Balabin, V. N. Robotic technological complexes – a new direction in operation and maintenance of locomotives [*Robotizirovannye tekhnologicheskie komplekсы – novoe napravlenie v ekspluatatsii i obsluzhivanii lokomotivov*]. *Lokomotiv*, 2015, Iss. 5, pp. 36–38.
5. Balabin, V. N. Service-modular centers – philosophy of future servicing of modular locomotives [*Servis-modulnie tsenry – filosofiya budushchego obsluzhivaniya modulnykh lokomotivov*]. *Lokomotiv*, 2015, Iss. 4, pp. 28–30.
6. Balabin, V. N., Kalugin, S. P., Bragin, A. V. The unit-modular layout of the main equipment is a new design philosophy for locomotives [*Unit-modulnaya komponovka osnovnogo oborudovaniya – novaya filosofiya konstruirovaniya lokomotivov*]. *Science of the Young: proceedings of the international scientific conference*. Moscow, November 19–20, 2015. Moscow, Rus Alyans Sova, 2015, pp. 144–150.
7. Shugaev, A. S. Locomotives from the «design box» [*Lokomotivy iz «konstruktora»*]. *Gudok*, 2006, July 25, p. 5.
8. Brackson, V. V., Lyaytel, M., Neustroyev, P. P., Golodnov, A. N. Utility Model Patent No. 109,442. Modular layout of equipment in the body of a locomotive. Class B61C17. Limited Liability Company «Ural Locomotives» (RU).
9. The team. Why for a pit stop of Formula 1 22 people are required? [*Brigada. Zachem dlya pit-stopa «Formuly-1» nuzhny 22 cheloveka?*]. [Electronic resource]: <https://motor.ru/lab/pitstop.htm>. Last accessed 14.01.2019.
10. Anatomy of a pit stop [*Anatomiya pit-stopa*]. [Electronic resource]: <http://kartclub.info/2012-08-31-10-38-25/3151-anatomija-pit-stopa>. Last accessed 14.01.2019.

Information about the authors:

**Nekrasov, Gleb I.** – senior lecturer at the department of Electric trains and locomotives of Russian University of Transport, Moscow, Russia, andestendik@mail.ru.

**Balabin, Valentin N.** – D.Sc. (Eng), professor of the department of Electric trains and locomotives of Russian University of Transport, Moscow, Russia, vbbn2347@gmail.com.

Article received 23.12.2018, accepted 04.02.2019.



**РЕСУРС  
МОБИЛЬНОСТИ 92**

*Мультиmodalность  
на транспортно-  
логистической платформе.*



**СЕВЕРНЫЙ  
РЕГИОН 104**

*Полифункциональная оценка  
транспортной системы.*

**ВЕКТОРЫ РАЗВИТИЯ  
РЫНКА ПЕРЕВОЗОК 118**

*Производительность –  
она как двуликий Янус.*

**СУДОСТРОЕНИЕ 130**

*Приоритеты баланса  
показателей.*

**RESOURCE  
OF MOBILITY 92**

*Passenger multimodality within  
transport and logistics platform.*

**NORTHERN  
REGIONS 104**

*Polyfunctional assessment of  
transport system.*



**DIRECTIONS  
OF DEVELOPMENT OF THE  
TRANSPORTATION  
MARKET 118**

*Labour productivity, as Janus, is  
two-faced.*

**SHIPBUILDING 130**

*The priorities of balanced  
scorecard.*

**ЭКОНОМИКА • ECONOMICS**





# Транспортно-логистическая платформа для мультимодальных пассажирских перевозок



Олег ДУНАЕВ  
Oleg N. DUNAEV

Алексей ГУЦ  
Alexey V. GUTS



*Дунаев Олег Николаевич – доктор экономических наук, профессор, директор Центра стратегического развития логистики, председатель подкомитета по транспорту и логистике Комитета по международному сотрудничеству Российского союза промышленников и предпринимателей, Москва, Россия.*

*Гуц Алексей Васильевич – начальник отдела маркетинга Дирекции скоростного сообщения – филиала ОАО «РЖД», Москва, Россия.*

## Transport and Logistics Platform for Multimodal Passenger Transportation

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 99)

**Рассмотрены варианты увеличения объёмов перевозки пассажиров железнодорожным транспортом за счёт развития совместного с другими видами пассажирского транспорта комплекса услуг – на основе мультимодальных перевозок. В качестве инструмента организации мультимодальных маршрутов предлагается формирование транспортно-логистической платформы с предложением разного рода комбинаций транспортных и логистических услуг на базе железнодорожной инфраструктуры.**

**Ключевые слова:** экономика, логистика, мультимодальные пассажирские перевозки, комбинированные транспортно-логистические услуги, транспортно-логистическая платформа, железнодорожная инфраструктура.

**Д**инамичного расширения спроса – основного драйвера экономического развития – в начале 2000-х годов в мире не ожидается. Новая реальность всё чаще связывается с возможной стагнацией (и даже «долговременным торможением»), причина которой – в ожидаемой смене технологического уклада, цифровой трансформации экономики, высокой степени технологической неопределённости, что рассматривается как ключевой фактор замедления темпов экономического роста мировой экономики [1]. В этих условиях для каждой страны выбор своего вектора развития, поиск адекватных времени стратегических и тактических решений приобретает особое значение. Актуальной задачей российской экономики остаётся переход на новую модель устойчивого экономического роста.

## ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА

Для России важность сохраняет макроэкономическая задача повышения территориальной связанности страны, «собираения» центров производства и потребления с помощью транспорт-

Таблица 1

**Перевозки в междугородном сообщении в % к общему числу пассажиров,  
отправленных всеми видами транспорта**

	2005	2010	2015	2017
Железнодорожный транспорт	41,8	35,0	37,2	35,0
Автобусный транспорт	51,2	55,5	38,4	38,4

Рассчитано по: Транспорт в России. 2018: Стат. Сборник. – М.: Росстат, 2018. – С. 38 [5].

Таблица 2

**Перевозки в пригородном сообщении в % к общему числу пассажиров,  
отправленных всеми видами транспорта**

	2005	2010	2015	2017
Железнодорожный транспорт	39,2	35,6	49,6	49,2
Автобусный транспорт	60,4	64,0	50,2	50,6

Рассчитано по: Транспорт в России. 2018: Стат. сборник. – М.: Росстат, 2018. – С. 38 [5].

ной инфраструктуры, роста мобильности населения [2]. В ряду целевых ориентиров до 2024 года стоят снятие инфраструктурных ограничений для долгосрочного экономического роста, увеличение мобильности факторов производства, повышение доступности транспортных услуг для населения и бизнеса.

На микроуровне для организаций транспорта продолжают быть актуальными такие рецепты, как снижение издержек и разработка программ оптимизации затрат, освоение новых продуктов/услуг и новых рынков, повышение качества услуг, управленческие решения, направленные на завоевание и удержание клиента. Выигрывает тот, кто находит и предлагает дифференцирующую, то есть отличную от конкурентов, альтернативную идею – новые продукты, новые рынки, новые предпочтения, новые коммуникации – для удержания клиентов и расширения клиентской базы [3, с. 9].

Одним из таких управленческих решений в сфере транспорта является организация мультимодальных пассажирских перевозок [4, с. 18]. Рассмотрим возможности в этой сфере на примере двух рынков пассажирских перевозок: железнодорожных и автобусных в междугородном и пригородном сообщениях.

Структура перевозок пассажиров в междугородном сообщении представлена в таблице 1.

В 2005 году доля железнодорожного транспорта в междугородных перевозках

(международное сообщение включено в перевозки дальнего следования) составляла 41,8 %, затем снизилась к 2010 году до 35 % и после небольшого роста к 2015 году (38,4 %) вновь сократилась до 35 %.

В 2005 году автобусные перевозки составляли более половины (51,2 %) в междугородном сообщении, и в следующие пять лет они ещё выросли – до 55,5 %. После 2010 года доля автобусных перевозок резко упала и в последние два года стабилизировалась на уровне 38,4 %.

Структура перевозок пассажиров в пригородном сообщении представлена в таблице 2.

Рынок пригородных перевозок железнодорожным и автобусным транспортом демонстрирует резкое снижение количества отправленных пассажиров. В 2005 году было перевезено 3070,7 млн пассажиров, а в 2015 году – 1868,5 млн человек, или почти на 40 % меньше [5, с. 38]. При этом количество пассажиров, отправленных автобусами упало на 20 %, а отправленных железнодорожным транспортом – на 31 %.

После 2015 года количество пассажиров в пригородном сообщении постепенно увеличивается, однако на тех же направлениях отправка пассажиров автобусным транспортом выше по сравнению с отправками железнодорожным транспортом (2016–2017 гг.).

Таким образом:

1. Произошли существенные изменения в структуре рынка междугородных перевозок:



- совокупная доля автобусных и железнодорожных перевозок упала с 93 % в 2005 году до 72,2 % в 2017 году;

- рыночные доли автобусного и железнодорожного транспорта на рынке междугородных перевозок сблизились и составили соответственно 37,2 % и 35,0 %.

2. Наблюдаются изменения и в структуре рынка пригородных перевозок:

- автобусные и железнодорожные перевозки по-прежнему занимают доминирующее положение, их совокупная доля составила 99,8 % в 2017 году (99,6 % в 2005 году);

- доля пассажиров, отправленных автобусным транспортом в пригородном сообщении, снизилась с 60,4 до 50,6 %; доля пассажиров, отправленных железнодорожным транспортом, выросла с 39,2 до 49,2 %.

3. Выравнивание рыночных долей, принадлежащих двум видам транспорта на рынке пригородных перевозок, имеет свои последствия:

- усиление конкуренции между видами транспорта, что доказывается введением новой линейки продуктов для железнодорожных перевозок – скоростного пригородного транспорта, городских электричек и др. Этим объясняется резкое снижение и затем стабилизация доли пассажиров, отправленных автобусным транспортом, начиная с 2010 года;

- появление рыночных сигналов для перехода к кооперации и позитивному сотрудничеству как более выгодным формам взаимодействия между двумя видами транспорта. Рынок железнодорожных пассажирских перевозок консолидирован в рамках ОАО «РЖД» (его дочерней структуры – АО «ФПК») и его региональных подразделений. В отличие от него рынок автобусных перевозок сильно фрагментирован и организационно представлен большим количеством компаний, главным образом, малого и среднего бизнеса, работающих по разным стандартам, с разной ценовой политикой и уровнем качества услуг, прежде всего в части обеспечения безопасности. Следовательно, на стороне ОАО «РЖД» и его структур лежит переговорная сила, предложение инициатив

по способам консолидации рынков, интеграции бизнес-процессов, моделям сотрудничества – всего того, что обеспечивает синергетический эффект, результативность и прибыльность бизнеса.

Неслучайно в последние годы европейские железнодорожные перевозчики активно выходят на рынок автобусных перевозок. Например, Немецкие железные дороги (DB) запустили свой сервис автобусных перевозок IC BUS, а французские железные дороги (SNCF) – Ouibus. Очевидно, что холдинг «РЖД» тоже мог бы запустить собственный сервис автобусных перевозок и получить экономические выгоды от мультимодальных пассажирских линий<sup>1</sup>.

## ПОТРЕБИТЕЛЬ, СПРОС, ОБРАТНАЯ СВЯЗЬ

Для пассажира – потребителя транспортной услуги – скорость, цена, удобство являются основными предпочтениями, формирующими спрос. Мультимодальные перевозки с использованием разных видов транспорта, сопровождаемые соответствующими сервисами, становятся надёжным инструментом удовлетворения спроса при надлежащей организации процесса.

Наши исследования позволяют следующим образом описать «профиль» потребителя услуги «пассажирские перевозки»:

1) потребитель с большей вероятностью выбирает беспересадочный маршрут; выбор маршрута с пересадками, как правило, обусловлен отсутствием прямых сообщений в нужном направлении или существенной экономией в цене, значимой для потребителя;

2) потребитель старается сделать резервирование и приобретение проездных документов в сроки, максимально приближенные к дате совершения поездки. Данные о результатах предварительной продажи билетов на железнодорожном транспорте подтверждают это положение. С увеличением глубины продажи проездных документов сроки

<sup>1</sup> См., напр.: К станции на зафрахтованном автобусе. Мир транспорта. – Том 14. – № 1. – С. 61 (2016). – прим. ред.



Показатели удовлетворённости населения транспортными услугами

	Показатели	Измерители
1.	Наличие информации о сопряжении расписаний регулярных видов транспорта в транспортно-пересадочных узлах: на железнодорожных и автобусных вокзалах, в аэропортах	Да, нет
2.	Количество маршрутов, имеющих сопряжение	В единицах
3.	Среднее время ожидания пересадки с одного вида транспорта на другой	Часы, минуты
4.	Расстояние между пересадочной инфраструктурой регулярных видов транспорта	Километры
5.	Информирование о критических случаях в работе регулярных видов транспорта	Да, нет
6.	Количество пассажиров, осуществляющих путешествие в комбинированном сообщении	Человек
7.	Наличие информации о сопряжении расписаний регулярных видов транспорта на региональном уровне	Да, нет
8.	Количество перевозчиков, предоставляющих доступ к поиску информации и резервированию посредством online	В единицах
9.	Степень автоматизации систем дистрибуции перевозчиков, предоставляющих услуги в регионе	% к общему числу

их приобретения существенно не изменились: за 60 суток до планируемого отъезда оформляется не более чем 10 % проездных документов, причём преимущественно на курортные направления;

3) глубокое резервирование проездных документов характерно для таких видов поездок, как: 1) целевые, туристические; 2) на сильно загруженных направлениях, где существует риск, что к моменту совершения поездки может не оказаться свободных мест; 3) регулярные (запланированные) поездки сотрудников к месту работы; 4) ориентированные на перевозку вахтовиков;

4) спрос на комбинированные перевозки предъявляют:

- пассажиры, планирующие посетить несколько мест с остановками в пунктах назначения и точными датами прибытия/отправления;

- население, которое не имеет непосредственного доступа к месту отправления – железнодорожному вокзалу или аэропорту и для преодоления «последней мили» предпочитает один из регулярных видов транспорта, чаще железнодорожный пригородный или автобусный;

- транзитные пассажиры, которые используют возможности аэропортов-хабов с целью оптимизации времени и ресурсов на поездку.

Соответственно этому, чтобы предложить услугу или пакет услуг, отвечающих профилю потребителя, его предпо-

чтениям, следует помочь клиенту сделать выбор, предполагающий ценность выше издержек поиска и приобретения «правильной» услуги.

Для оценки эффективности услуг по организации комбинированных пассажирских перевозок мы предлагаем систему показателей, характеризующих удовлетворённость населения транспортными услугами, работой транспортно-пересадочных узлов (таблица 3).

В основу качественной и количественной оценки берутся экспертные мнения, отзывы потребителей через обратную связь, оформленные как критерии качества. Современные IT-технологии способны обеспечить сбор и систематизацию подобной информации [6, с. 31].

## ПЛАТФОРМА-ИНТЕГРАТОР

Организация мультимодальных перевозок предполагает формирование транспортно-логистической платформы. Термин «платформа» широко используется применительно к транспортной системе, особенно тогда, когда особую значимость приобретают, с одной стороны, сопряжённость и взаимодополняемость видов транспорта, инфраструктурные и организационные возможности их совместного использования, а с другой – способность агентств-участников цепочки комбинированной услуги к координации, ещё глубже – к сетевому взаимодействию по созданию





**Рис. 1. Модель транспортно-логистической платформы для комбинированных пассажирских перевозок.**

потребительской ценности для клиента [7]. Именно сетевое взаимодействие обеспечивает оптимальный баланс затрат, качества, компетенций, гибкости и конкурентоспособности. При этом объективно возникает потребность в координации бизнес-процессов в целях одновременного решения двух задач — улучшения качества сервиса и уменьшения издержек.

По сути, правомерно говорить о транспортно-логистической платформе — комплексной системе специализированных пакетов услуг (на базе ИТ-технологий), включающих маршрутную сеть, мультимодальные перевозки, систему «единого окна» для сопряжения разных видов транспорта и организации мультимодальных пассажирских перевозок.

Платформа становится инструментом-интегратором формирования общего (совместного) бизнес-процесса, функционирующего на основе комплементарных ресурсов и компетенций, объединённых в сетевую кооперацию, что позволяет обеспечить взаимосвязанность и взаимодополняемость бизнесов, сопутствующих видов производства для достижения общих результатов. Самостоятельное значение приобретают использование общих технологических стандартов и регламентов,

и, следовательно, формирование общей операционной платформы, помогающей консолидировать активы для комбинированных перевозок и обеспечивающей комплексность услуг транспортирования, качество сервисов при конкурентных издержках.

Модель транспортно-логистической платформы для формирования общего бизнес-процесса, функционирующего на основе комплементарных ресурсов и компетенций в целях предоставления интегрированной услуги комбинированной пассажирской перевозки, представлена на рис. 1.

Транспортно-логистическая платформа для комбинированных пассажирских перевозок имеет в качестве основы:

- развитую транспортную инфраструктуру, обеспечивающую сопряжение всех видов транспорта и организацию мультимодальных перевозок;
- ИТ-инфраструктуру, цифровизацию совместного бизнес-пространства для интеграции бизнес-процессов, их сопряжённого функционирования и контроля в реальном режиме времени [8, с. 12];
- организационную инфраструктуру в виде сетевых контрактов, контрактов на долгосрочное обслуживание, электронного документооборота, электрон-

ных торговых площадок, позволяющих реализовать технологии «единого окна», «единого билета», «единого тарифа».

Выстроенный таким образом каркас транспортно-логистической платформы создаёт основу для сетевого взаимодействия.

## СЕТЕВОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Отметим сразу, что сопряжённое взаимодействие всех участников перевозочного процесса позволяет:

1) оптимизировать затраты вследствие устранения неэффективной конкуренции и дублирования функций, снижения транзакционных издержек, расширения клиентской базы, направлений (географии) перевозочного процесса;

2) обеспечить клиентоориентированность, расширение клиентской базы за счёт сфокусированности на приросте ценности для конечного потребителя (предложение услуг для конкретного клиента предполагает сдвиг от принципа коммерческой выгоды для отдельного участника к сетевому взаимодействию, партнёрствам в различных формах ради получения кумулятивного эффекта);

3) получить мощный синергетический эффект за счёт координации управления, что эквивалентно консолидации разрозненных активов в единую структуру, работающую по общим стандартам, а также путём отбора эффективных практик логистических взаимодействий, формирования и освоения сложных/комбинированных профессиональных компетенций.

Технические возможности сетевого взаимодействия и совместного использования ресурсов определяются ИТ-технологиями, современными цифровыми решениями. Управление сетевым взаимодействием в ходе организации комбинированных пассажирских перевозок предполагает доступ к общему информационному пространству, базам данных участников рынка пассажирских перевозок, информации об их функциональных возможностях (компетенциях) и технологических операциях, обеспечение прозрачности и эффективной коорди-

нации управления сетевой кооперацией в целях одновременного решения двух задач — улучшения качества сервиса и уменьшения издержек [9, с. 17].

Примером интеграции сервисов по пассажирским перевозкам и предоставлению сопутствующих услуг является проект, организованный «РЖД» с участием ООО «Инновационная мобильность». Компания выступает в роли оператора ИТ-платформы «Инновационная мобильность», которая представляет собой глобальную дистрибутивную систему (GDS). Она предназначена для распространения и продажи электронных билетов на все виды транспорта, а также для проведения клиринга и взаиморасчётов между перевозчиками и агентами.

Понятно, что абсолютизировать подобного рода начинания не приходится. Та же организация комбинированных пассажирских перевозок по принципу «одного окна», «единого билета» до сих пор сопряжена с целым рядом трудностей.

Во-первых, при планировании комбинированных поездок клиент вынужден обращаться к справочно-информационным и поисковым системам для получения информации о возможных видах транспорта, их расписании. Потребитель, как правило, использует поисковые системы, которые агрегируют информацию о расписаниях из систем дистрибуции. Ввиду того, что в России отсутствует обязательная публикация перевозчиками расписаний в установленном формате, существенное число перевозчиков (железнодорожных пригородных, автобусных) не является объектами агрегации и не попадает в конструкторы маршрутов. Другой способ — обращение к информационным ресурсам перевозчиков с целью консолидации расписаний видов транспорта, участвующих в комбинированном сообщении.

Во-вторых, потребитель должен учитывать особенности системы резервирования и дистрибуции билетов для каждого вида транспорта и отдельного перевозчика. Компании-перевозчики устанавливают собственные сроки про-



даже билетов, которые могут сильно варьироваться. Так, АО «ФПК» с 01.01.2018 года осуществляет продажу проездных документов с глубиной 90 суток, при этом билеты на пригородные поезда продаются за 10 дней. Авиационные перевозчики самостоятельно устанавливают глубину продажи авиационных проездных документов. Например, авиакомпания S7 реализует билеты на чартерные рейсы за 180 суток, на регулярные рейсы – за 330 суток. Регулярные автобусные перевозчики, как правило, предпочитают глубину продажи от 3 до 7 дней. Основной приоритет здесь отдают перевозкам на основе договоров фрахта, которые отличаются безрисковой, с точки зрения экономики, организацией перевозочного процесса (данные на основе анализа систем дистрибуции перевозчиков рассчитаны авторами).

В-третьих, комбинированные перевозки при классической «жесткой» системе, когда отмена или замена проездного документа на одном из участков маршрута ведёт к отмене или переоформлению таких же документов на всех участках маршрута, предполагают наличие дополнительных временных и финансовых ресурсов, которые компенсировали бы издержки поездки на одном или нескольких участках в случае изменения маршрута. Возникают определённые риски при условии предварительного резервирования и приобретения единого проездного документа, которые потребитель конечной услуги должен суметь оценить и по возможности нивелировать.

В-четвёртых, в сегменте пассажирских перевозок увеличение количества перевозчиков – участников сетевого взаимодействия приведёт к снижению гибкости и адаптивности системы, даже в случае несущественных изменений внешней конъюнктуры станет мощным барьером при организации комбинированных (смешанных) пассажирских перевозок.

## ВЫВОДЫ

Снятие ограничений/барьеров в развитии мультимодальных пассажирских перевозок технологически и организационно осуществимо на основе формирования транспортно-логистической платформы.

Требуются организационная поддержка производственной кооперации и сетевого взаимодействия, координация усилий по созданию и функционированию территориальных транспортно-логистических платформ для реализации мультимодальных перевозок.

Целесообразно создание координационной структуры (центра/проектного офиса) в рамках, если мы возьмём российский пример, департамента управления бизнес-блоком «Пассажирские перевозки» ОАО «РЖД» для организации эффективных смешанных, комбинированных пассажирских перевозок на всех видах транспорта, причём с учётом их взаимодействия на базе цифровых технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

- Идрисов Г., Мау В., Божечкова А. В поисках новой модели экономического роста // Вопросы экономики. – 2017. – № 12. – С. 5–23.
- Дунаев О. Н., Нестерова Д. В. Транслогистическая платформа в развитии евроазиатских авиатранспортных связей // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 6. – С. 32.
- Траут Дж. Дифференцируйся или умирай! / Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2006. – 240 с.
- Роланд Бергер. UNIFE Исследование мирового рынка железных дорог 2016. [Электронный ресурс]: <https://www.rolandberger.com/ru/Publications/UNIFE-World-Rail-Market-Study-2016.html>. Доступ 04.03.2019.
- Транспорт в России. 2018: Стат. сборник. – М.: Росстат, 2018. – 101 с.
- Доклад компании PWC «Новая цифровая экономика». [Электронный ресурс]: <https://www.pwc.com/mt/en/publications/assets/the-new-digital-economy.pdf>. Доступ 04.03.2019.
- Дунаев О. Н., Демин В. А., Ежов Д. В., Кулакова Т. В., Нестерова Д. В. Транс-Евроазиатская логистическая платформа: практика, продукты, рынки / Доклад на IV Евроазиатской конференции по логистике. Торгово-промышленная палата РФ. Комитет по логистике. – М., 2016. – 64 с.
- Bauer T., Benito D. N. Railway Stations for Increased Throughput and Better Passenger Experience // Sign. + Draht. – 2018. – Iss. 7–8. – pp. 6–12.
- Доклад компании KPMG. Перспективы мирового промышленного сектора. Боевая готовность номер один: промышленный сектор готовится к трансформации. 2015. [Электронный ресурс]: <https://ru.investinrussia.com/news/5484-perspektivy-mirovogo-promyshlennogo-sektora>. Доступ 04.03.2019.

Координаты авторов: **Дунаев О. Н.** – oleg.dunaev@mail.ru, **Гуц А. В.** – aleksey\_guts@bk.ru.

Статья поступила в редакцию 17.02.2019, принята к публикации 04.04.2019.

# TRANSPORT AND LOGISTICS PLATFORM FOR MULTIMODAL PASSENGER TRANSPORTATION

*Dunaev, Oleg N., Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs, Moscow, Russia.*  
*Guts, Alexey V., JSC Russian Railways, Moscow, Russia.*

## ABSTRACT

The options for increasing the volume of passenger transportation by railway through development of a set of services with other modes of passenger transport based on multimodal transportation are considered as drivers of attraction of customers and of transport efficiency growth.

Transport and logistics platform offering various kinds of transport and logistics services based on railway facilities is suggested as a tool for organizing multimodal

routes. The suggestion is based on the analysis of commuter bus and rail flows in Russia, of profiling of customers of transportation services, of notions of platform and transport and logistics platform for passenger transportation, comprising its core elements, of the effects and risks of implementation of the concept. Particular attention is paid to possible contribution of the large-scale use of digital and IT-technology, global distribution systems, a set of criteria of assessment of satisfaction of a passenger with transport services is developed.

*Keywords:* economics, logistics, multimodal passenger transportation, combined transport and logistics services, transport and logistics platform, railway infrastructure.

**Background.** A rapid growth of demand, which is the main driver of economic development, is not expected in early 2000s. New reality is increasingly associated with a possible stagnation (and even «long-term braking»), the reason for which is an expected change in the technological mode, digital transformation of the economy, a high degree of technological uncertainty, which is considered as a key factor slowing the global economic growth rate [1]. Under those conditions the choice of a vector of development and the search for relevant strategic and operation decisions are of particular importance for each country. For Russian economy transition to a new model of sustainable economic growth remains a core task.

**Objective.** The objective of the authors is to study different aspects of passenger transportation focusing on transit capacity of railways, and to suggest an effective model of transport and logistics platform for multimodal passenger transportation.

**Methods.** The authors use general scientific and economic methods, comparative transport market and statistics analysis, management analysis tools.

### Results.

#### Justification of the choice

For the Russian economy, the macroeconomic task of increasing the country's territorial coherence, «gathering up» production and consumption centers using transport infrastructure, facilitating population mobility remains of core importance [2]. Series of target guidelines up to 2024 include removal of infrastructural constraints for long-term economic growth, an increase in mobility of production factors, and an increase in availability of transport services for the population and businesses.

At the micro-level, for transport organizations, such recipes as cost reduction and development of cost optimization programs, mastering new products/services and new markets, improving the quality of services, and management decisions aimed at winning and retaining customers continue to be relevant. The one who finds

and proposes a differentiating, that is, different from the competitors, alternative idea – new products, new markets, new preferences, new communications – to retain customers and expand the customer base, wins [3, p. 9].

One of these management decisions in the field of transport is organization of multimodal passenger transportation [4, p. 18]. Let's consider the possibilities in this area at the example of two passenger transportation markets: rail and bus in intercity and suburban traffic.

The structure of passenger transportation in intercity traffic in Russia is presented in Table 1.

Railway passenger long-distance transportation includes passengers in international traffic. In 2005, the share of railway transport in intercity traffic was 41,8 %, then decreased by 2010 to 35 % and, after a slight increase by 2015 (38,4 %), decreased again to 35 %.

In 2005, bus transportation accounted for more than half (51,2 %) of intercity traffic, and in the next five years its share grew even more – to 55,5 %. After 2010, the share of bus transportation fell sharply and in the past two years has been stable at 38,4 %.

The suburban transportation market of rail and bus transport shows a sharp decline in the number of passengers transported. In 2005, 3070,7 million passengers were transported, and in 2015, only 1868,5 million people, or almost 40 % less [5, p. 38]. At the same time, the number of passengers transported by bus transport fell by 20 %, and those transported by railway transport – by 31 %.

After 2015, the number of passengers in suburban traffic is gradually increasing, but in 2016–2017, if we look at one and the same direction of the routes, the number of passengers transported by buses is higher than number of those transported by railways.

The structure of passenger transportation in suburban traffic is presented in Table 2.

So:

1. There have been significant changes in the structure of intercity transportation market:

Table 1

Intercity transportation in % to the total number of passengers transported by all modes of transport

	2005	2010	2015	2017
Railway transport	41,8	35,0	37,2	35,0
Bus transport	51,2	55,5	38,4	38,4

Calculated according to: Transport in Russia. 2018: Stat. collection. – M.: Rosstat, 2018. – p. 38 [5]. Figures refer to public transport, excluding taxis and private road cars. – ed. note.



**Suburban transportation in % to the total number of passengers transported  
by all modes of transport**

	2005	2010	2015	2017
Railway transport	39,2	35,6	49,6	49,2
Bus transport	60,4	64,0	50,2	50,6

Calculated according to: Transport in Russia. 2018: Stat. collection. – M.: Rosstat, 2018. – p. 38 [5].

- the total share of bus and railway transportation fell from 93 % in 2005 to 72,2 % in 2017;

- market shares of bus and railway transport in intercity transportation market have become closer and are respectively 37,2 % and 35,0 %.

2. Changes are also observed in the structure of suburban transportation market:

- bus and railway transportation still occupy a dominant position, their total share is 99,8 % in 2017 (99,6 % in 2005);

- the share of passengers transported by bus transport in suburban traffic decreased from 60,4 % to 50,6 %; the share of passengers transported by rail increased from 39,2 % to 49,2 %;

3. The equalization of market shares belonging to two types of transport in suburban transportation market has its consequences:

- increased competition between modes of transport, as evidenced by introduction of a new product line for railway transportation – rapid suburban transport, urban electric trains, etc. This explains the sharp decline and then stabilization of the share of passengers transported by bus transport, starting from 2010;

- emergence of signs in the market indicating transition to cooperation and positive cooperation as to profitable forms of interaction between two modes of transport. The railway passenger transportation market has been consolidated within the framework of JSC Russian Railways (e.g. through its subsidiary JSC Federal Passenger Company – FPC) and its regional divisions. In contrast, the bus transportation market is highly fragmented and organizationally represented by a large number of companies, mainly small and medium-sized businesses, operating according to different standards, with different pricing policies and quality of services, primarily regarding safety. Consequently, negotiating power is rather with JSC Russian Railways and its affiliate structures, to propose initiatives on how to consolidate markets, integrate business processes, cooperation models – everything that provides synergistic effect, efficiency and profitability of business.

It is not by chance that in recent years, European railway carriers have been actively entering the bus transportation market. For example, the German Railways (DB) launched its bus transportation service IC BUS, and the French Railways (SNCF) launched Ouibus. It is obvious that the Russian Railways holding company could also launch its own bus transportation service and receive economic benefits from multimodal passenger lines<sup>1</sup>.

**Consumer, demand, feedback**

For a passenger – a consumer of a transport service – speed, price, convenience are the main preferences that shape demand. Multimodal transportation using different types of transport, accompanied by relevant services, become a reliable tool to meet demand with proper organization of the process.

Our research allows us to describe the «profile» of a consumer of a «passenger transportation» service as follows:

a) a consumer is more likely to choose the direct route; the choice of a route with transfers, as a rule, is due to the lack of direct communication in the required direction or to savings in price, significant for a consumer;

b) a consumer tries to book and to purchase travel documents on dates as close as possible to the date of the trip. Data on the results of the pre-sale of tickets in railway transport confirm this position. With an increase in the sales depth of travel documents, the timelines for their acquisition have not changed significantly: no more than 10 % of travel documents are issued 60 days before the planned departure, mostly for resort destinations;

c) deep reservation of travel documents is typical for such types of travel as: 1) targeted, tourist; 2) on heavily loaded destinations where there is a risk that there will be no free seats at the time of the trip; 3) regular (planned) trips of employees to the place of work; 4) focused on transportation of shift workers;

<sup>1</sup> E.g.: The Station to be Reached by a Contracted Bus. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, Iss. 1, pp. 61 (2016). – ed. note.

Table 3

**Indicators of satisfaction of population with transport services**

	Indicators	Meters
1.	Availability of information on conjugation of schedules of regular modes of transport at transport interchange nodes: railway and bus stations, airports	Yes, no
2.	Number of routes having conjunction	In units
3.	Average waiting time for transfer from one mode of transport to another	Hours, minutes
4.	Distance between the transfer infrastructure of regular modes of transport	Kilometers
5.	Informing about critical situations in the operation of regular modes of transport	Yes, no
6.	Number of passengers traveling in a combined traffic	People
7.	Availability of information on conjugation of schedules of regular modes of transport at the regional level	Yes, no
8.	Number of carriers that provide access to information retrieval and reservations online	In units
9.	Degree of automation of distribution systems of carriers providing services in the region	% to the total number

d) demand for combined transport is initiated by:

- passengers planning to visit several places with stops at destinations and exact dates of arrival/departure;
- the population that does not have direct access to the place of departure – railway station or airport, and to overcome the «last mile» those travellers prefer one of the regular modes of transport, most often commuter railways or buses;

- transit passengers who use large hub airports in order to optimize time and resources for transportation.

Accordingly, in order to offer a service or a package of services that meet the consumer profile, his preferences, one should help the client to make a choice that implies a value above the search and purchase costs of the «right» service.

To assess the effectiveness of services for organization of combined passenger transportation, we offer a system of indicators characterizing the satisfaction of the population with transport services, with the work of transport interchange nodes (Table 3).

The basis of the qualitative and quantitative assessment is formed by expert opinions, consumer feedback through feedback form, designed as quality criteria. Modern IT-technologies are capable of collecting and systematizing such information [6, p. 31].

#### Platform integrator

The organization of multimodal transportation involves development of a transport and logistics platform. The term «platform» is widely used in relation to the transport system, especially when a particular importance belongs, on the one hand, to interconnection and complementarity of modes of transport, infrastructural and organizational possibilities of their sharing, and, on the other, to the ability of agents participating in a chain of combined services to create customer value for clients through coordination or even deeper interaction [7]. It is indeed the network interaction that provides the optimal balance of costs, quality, competencies, flexibility and competitiveness. At the same time, there is an objective need for coordinating business processes in order to simultaneously solve two tasks – improving service quality and reducing costs.

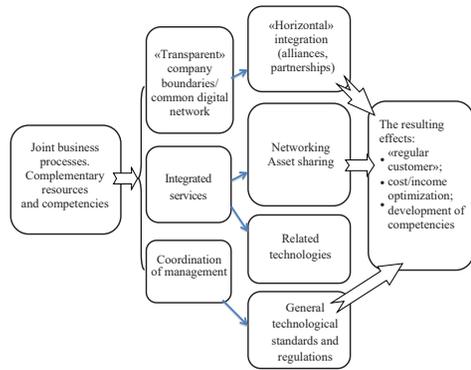
In fact, it is legitimate to talk about the transport and logistics platform – an integrated system of specialized service packages (based on IT technology), including a route network, multimodal transportation, a «single window» system for interfacing different modes of transport and organizing multimodal passenger transportation.

The platform becomes an integrator tool for development of a common (joint) business process that operates on the basis of complementary resources and competences that are combined into network cooperation, which allows for interconnectedness and complementarity of businesses and associated types of production to achieve common results. The use of common technological standards and regulations, and therefore development of a common operating platform that helps to consolidate assets for combined transport, ensures the all-inclusiveness of transportation services and the quality of services at competitive costs.

The model of the transport and logistics platform for development of a common business process that functions on the basis of complementary resources and competencies in order to provide an integrated service of combined passenger transportation is shown in Pic. 1.

The transport and logistics platform for combined passenger transportation has as its foundation:

- developed transport infrastructure, which provides interface of all modes of transport and organization of multimodal transportation;



**Pic. 1. Model of transport and logistics platform for combined passenger transportation.**

- IT infrastructure, digitalization of a joint business space for integration of business processes, their interconnected functioning and real-time control [8, p. 12];

- organizational infrastructure in the form of network contracts, contracts for long-term service, electronic document management, electronic trading platforms, allowing to implement the «single window», «single ticket», «single tariff» technologies.

The framework of the transport and logistics platform built in this way creates the basis for network interaction.

#### Networking

We note at once that in-depth interaction of all participants in the transportation process allows:

a) to optimize costs thanks to elimination of ineffective competition and duplication of functions, as well as to reduction of transaction costs, expansion of the client base, directions (geography) of the transportation process;

b) to ensure customer focus, expanding the customer base thanks to the focus on value growth for the end user; as the offer of services for an individual client implies a shift from the principle of commercial benefits for an individual participant to network interaction and partnerships in various forms for the sake of cumulative effect;

c) to obtain a powerful synergistic effect thanks to management coordination, which is equivalent to consolidating disparate assets into a single structure operating according to common standards, as well as thanks to selection of effective practices of logistic interactions, developing and mastering complex/combined professional competencies.

Technical capabilities of networking and resource sharing are determined by IT-technologies, modern digital solutions. Management of network interaction during organization of combined passenger transportation involves access to a common information environment, databases of participants in the passenger transportation market, information about their functional capacity (competencies) and technological operations, ensuring transparency and effective coordination of managing network cooperation in order to simultaneously solve two tasks – improve the quality of service and reduce costs [9, p. 17].

An example of integration of passenger transportation services and provision of related services is a project organized by JSC Russian Railways with participation of LLC Innovative Mobility. The company acts as the operator of the IT platform



«Innovative mobility», which is a global distribution system (GDS). It is intended for distribution and sale of electronic tickets of all modes of transport, as well as for clearing and mutual financial settlements between carriers and agents.

It is clear that it is not necessary to absolutize such an undertaking. The organization of combined passenger transportation on the principle of «single window», «single ticket» is still associated with a number of difficulties.

Firstly, when planning combined travels, the client is forced to turn to reference and information systems and search engines for information on possible modes of transport and their timetable. The consumer, as a rule, uses search engines that aggregate information on schedules from distribution systems. Due to the fact that in Russia there is no compulsory publication by carriers of timetables in the established format, a significant number of carriers (railway commuter, bus) are not aggregated objects and do not fall into the route design systems. Another way is to access carriers' information resources in order to consolidate the schedules of the modes of transport participating in the combined traffic.

Secondly, the consumer must take into account the features of the reservation system and distribution of tickets for each mode of transport and an individual carrier. Carrier companies set their own terms of ticket sales, which can vary greatly. Thus, JSC FPK, from 01.01.2018, sells travel documents with a depth of 90 days, while tickets for commuter trains are sold not earlier than 10 days before a trip. Air carriers independently establish the sales depth of airline travel documents. For example, the S7 airline company opens the issuance of tickets for charter flights 180 days, and for regular flights 330 days before the scheduled flight. Regular bus carriers, as a rule, prefer the sale depth from 3 to 7 days. The main priority here is given to carriages on the basis of freight contracts that are different in terms of the risk-free organization of the transportation process. (Data based on the analysis of carrier distribution systems are calculated by the authors).

Thirdly, combined transportation under the classical «rigid» system, when cancellation or changing/reissue of a travel ticket at one of the route's sections leads to cancellation or reissue of the same documents at all sections of the route, implies need for additional time and financial resources that would compensate the costs of the trip on one or several segments in case of route change. There are certain risks, subject to prior reservation and purchase of a single travel ticket, which the consumer of the final service must be able to assess and, if possible, to neutralize.

Fourthly, in the passenger transportation sector, an increase in the number of carriers participating in network interaction will reduce flexibility and adaptability of the system, and, even in the case of minor changes in the external environment, will become a powerful barrier to organizing combined (mixed) passenger transportation.

**Conclusions.** Removing restrictions/barriers to development of multimodal passenger transportation is technologically and organizationally feasible through development of a transport and logistics platform.

Organizational support for business cooperation and network interaction, coordination of efforts to create and operate territorial transport and logistics platforms for implementation of multimodal transportation are required.

It is advisable to create a coordination structure (center/project office; e.g. in Russia – within passenger transportation businesses management department of JSC Russian Railways) to organize efficient mixed, combined passenger transportation within all modes of transport, taking into account their interaction based on digital technologies.

## REFERENCES

1. Idrisov, G., Mau, V., Bozhechkova, A. In search of a new model of economic growth [V poiskakh novoi modeli ekonomicheskogo rosta]. *Voprosy ekonomiki*, 2017, Iss. 12, pp. 5–23.
2. Dunaev, O. N., Nesterova, D. V. Translogistic platform in development of Eurasian air transport links [Translogisticheskaya platform v razvitií evroaziatskikh aviatransportnykh svyazí]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2015, Iss. 6, p. 32.
3. Trout, J. Differentiate or Die: Survival in Our Era of Killer Competition [Transl. from English. Russian title: *Differentsiruyasia ili umirai!*]. St. Petersburg, Piter publ., 2006, 240 p.
4. Roland Berger. UNIFE World Rail Market Study 2016. [Electronic resource]: <https://www.rolandberger.com/en/Publications/UNIFE-World-Rail-Market-Study-2016.html>. Last accessed 04.03.2019.
5. Transport in Russia. 2018: Stat. collection [Transport v Rossii. 2018: Stat. sbornik]. Moscow, Rosstat, 2018, 101 p.
6. Report of PWC. New Digital Economy: How it will transform business. [Electronic resource]: <https://www.pwc.com/mt/en/publications/the-new-digital-economy.html>. Last accessed 04.03.2019.
7. Dunaev, O. N., Demin, V. A., Ezhov, D. V., Kulakova, T. V., Nesterova, D. V. Trans-Eurasian Logistics Platform: Practices, Products, Markets [Trans-Evroaziatskaya logisticheskaya platform: praktika, produkty, rynki]. Report of 4<sup>th</sup> Eurasian Conference on Logistics. Chamber of Commerce and Industry of the Russian Federation. Logistics Committee. Moscow, 2016, 64 p.
8. Bauer, T., Benito, D. N. Railway Stations for Increased Throughput and Better Passenger Experience. *Sign. + Draht*, 2018, Iss. 7–8, pp. 6–12.
9. Report of KPMG. Prospects for the global industrial sector. Combat readiness number one: the industrial sector is preparing for transformation. 2015 [Doklad kompanii KPMG «Perspektivy mirovogo promyshlennogo sektora. Boevaya gotovnost' nomer odin: promyshlenniy sektor gotovitsya k transformatsii. 2015»]. [Electronic resource]: <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pdf/2015/06/kpmg-2015-global-manufacturing-outlook-preparing-for-battle.pdf>. Last accessed 04.03.2019. ●

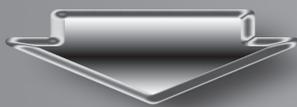
Information about the authors:

**Dunaev, Oleg N.** – D.Sc. (Economics), professor, director of the Center for Strategic Development of Logistics, chairman of the subcommittee for transport and logistics of the Committee on international cooperation of the Russian Union of Industrialists and Entrepreneurs, Moscow, Russia, oleg.dunaev@mail.ru.

**Guts, Alexey V.** – head of the marketing division of High-Speed Transportation Directorate – a branch of JSC Russian Railways, Moscow, Russia, aleksey\_guts@bk.ru.

Article received 17.02.2019, accepted 04.04.2019.





## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ КОНГРЕСС-2019

18 марта 2019 года в Вене (Австрия) начал свою работу Международный железнодорожный конгресс-2019 – крупнейшая деловая площадка для встречи руководителей национальных железнодорожных компаний пространства колеи 1520 мм и 1435 мм.

В конгрессе принимали участие представители министерств транспорта ряда стран, руководители международных железнодорожных организаций, а также бизнес-лидеры и эксперты железнодорожной отрасли.

Заместитель министра транспорта Российской Федерации Владимир Токарев зачитал приветствие заместителя председателя правительства Российской Федерации Максима Акимова участником конгресса. «Создание единого транспортного пространства – одно из приоритетных направлений развития всей мировой экономики. Усиление международной кооперации, цифровизация транспортной отрасли, технологическое сотрудничество, привлечение инвестиций и применение «зелёных технологий» – насущные вопросы, стоящие перед железнодорожным транспортом. Конгресс – прекрасная возможность для обсуждения этих тем и принятия взвешенных коллегиальных решений», – говорится в приветствии.

Владимир Токарев также отметил важность интеграционных проектов в сфере железнодорожного транспорта, так как объёмы евроазиатского транзита будут увеличиваться, и железнодорожному транспор-

ту необходимо поддерживать конкурентоспособность в этом сегменте логистического бизнеса.

Делегацию ОАО «РЖД» возглавлял генеральный директор – председатель правления компании Олег Белозёров.

Заместитель министра транспорта, инноваций и технологий Австрийской республики Андреас Райхардт в своем выступлении подчеркнул, что все обсуждения форума будут посвящены одному – развитию инфраструктуры, которое даст толчок экономическому росту государств.

В течение двух дней работы конгресса были рассмотрены пути снижения таможенных барьеров и гармонизации юридических и технических регламентов, регулирующих перевозки железнодорожным транспортом между Европой и Азией. Важной темой деловой площадки стало повышение конкурентоспособности европейского и российского железнодорожного сообщения и интеграции найденных решений в международную торговлю и туризм, в том числе в проект строительства железнодорожной линии Кошице–Братислава–Вена с шириной колеи 1520 мм.

По информации пресс-службы ОАО «РЖД»:

[http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE\\_ID=654&layer\\_id=4069&refererLayerId=3307&page3307\\_810=4&id=93424](http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=654&layer_id=4069&refererLayerId=3307&page3307_810=4&id=93424) ●

## INTERNATIONAL RAILWAY CONGRESS 2019

On March 18, the 2019 International Railway Congress opened in Vienna, federal capital of Austria. It is the largest business platform which brings together the heads of national railway companies across both the 1520 mm and the 1435 mm gauge countries.

The Congress was attended by representatives from the ministries of transport of several countries and heads of international railway organisations, as well as business leaders and railway industry experts.

The Deputy Minister of Transport of the Russian Federation Vladimir Tokarev read a greeting to the Congress's participants from Maxim Akimov, the Deputy Prime Minister of the Russian Federation.

«Creating a single transport space is one of the priorities for the development of the entire global economy. Strengthening international cooperation, the digitisation of the transport industry, technological cooperation, attracting investment and applying green technologies are urgent issues facing rail transport. The Congress is an excellent opportunity to discuss these areas and make balanced collective decisions», says Akimov in his greeting.

Tokarev also noted the importance of integration projects in the field of railway transport and forecasted that the volume of Eurasian transit would increase, while

stressing that railway transport had to maintain its competitiveness in this segment of the logistics business.

Oleg Belozarov, Chief Executive Officer and Chairman of the Board of Russian Railways, headed the Company's delegation.

Andreas Reichhardt, Austria's Deputy Minister of Transport, Innovation and Technology, emphasised that all the discussions at the Congress would be devoted to the main objective – infrastructure development, which would give a strong impetus to economic growth across countries.

During its two days, the Congress has considered ways of reducing customs barriers and harmonising legal and technical regulations governing rail transport between Europe and Asia.

An important topic of the business platform was to study how to increase the competitiveness of European and Russian rail links and integrate the solutions found in international trade and tourism, including the project to build the 1520 mm gauge Košice–Bratislava–Vienna railway line.

Compiled from the JSC Russian Railways news:  
[http://eng.rzd.ru/news/public/en?STRUCTURE\\_ID=15&layer\\_id=4839&refererLayerId=5074&id=107462](http://eng.rzd.ru/news/public/en?STRUCTURE_ID=15&layer_id=4839&refererLayerId=5074&id=107462) ●





# Полифункциональность транспортной системы северных регионов



Ирина ПОЛЕШКИНА

Irina O. POLESHKINA

## Polyfunctionality of the Transport System of Northern Regions

(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 112)

**В статье рассмотрены особенности северных регионов России с точки зрения национальных стратегических интересов. Определена ведущая роль транспортной системы в их развитии. Выявлена проблема недостаточной проработанности методов оценки состояния рынка перевозок при отсутствии круглогодичной доступности транспортных коммуникаций. Предложена концепция полифункциональности транспортной системы северных регионов, которая предполагает выполнение четырёх основных (экономической, социальной, экологической, геополитической) и четырёх развивающих функций (информационной, инновационной, институциональной, интеграционной). Названы стороны, заинтересованные в их реализации на макро-, мезо- и микроуровнях, а также показатели для оценки полифункциональной системы, а также недостающие ей данные государственной статистики.**

**Ключевые слова:** транспортная система, северные регионы, грузооборот, оценка транспортного рынка, полифункциональность, адаптация оценочных показателей, статистическая информация.

*Полешкина Ирина Олеговна – кандидат экономических наук, доцент кафедры организации перевозок на воздушном транспорте Московского государственного технического университета гражданской авиации, Москва, Россия.*

**С**еверные регионы представляют особый интерес для экономики России с точки зрения их освоения и развития. На этих огромных территориях сосредоточено 90 % запасов угля, 80 % гидроэнергетических ресурсов, большие стратегические запасы нефти и газа, почти весь объём разведанных редких металлов и алмазов, половина железорудных залежей, 80 % лесных ресурсов и более 60 % запасов пресной воды [1]. Поэтому здесь первейшим и обязательным условием жизнеспособности является наличие эффективной транспортной системы, которая обеспечивала бы возможность перемещения входящих и исходящих, а также внутренних материальных и людских потоков, а вместе с этим целостность, безопасность и интеграцию оторванных от центра земель в общее экономическое пространство страны.

Транспортная система всегда многофункциональна, состоит из большого количества элементов, имеющих разноуровневую интеграцию. Для её развития в России важными и недостаточно изученными, на наш взгляд, остаются региональные аспекты, ибо любое территориальное объединение путей сообщения, технических средств и агентов перевозочного процесса, которые призваны осуществлять реализацию транспортно-экономических свя-

зей, нуждается в сбалансированном развитии своих подсистем и их способности удовлетворять потребности населения и всех отраслей хозяйствования. Роль транспортной системы исторически подтверждается опережающим интенсивным прогрессом регионов, расположенных на магистральных направлениях континентальных и межконтинентальных транспортных коммуникаций [2].

В отношении северных регионов роль транспортной системы увеличивается, приобретая приоритетное значение в создании конкурентных преимуществ территории, поскольку тут более суровые условия проживания и хозяйствования. Эффективного развития промышленного комплекса в столь экстремальной природно-климатической зоне можно добиться лишь при надлежащей транспортной доступности и благоприятной обстановке для трудовой миграции населения [3].

## ТИПИЗАЦИЯ ВЫДЕЛЕННОГО ОБЪЕКТА

Разумеется, локализация каких-то особенностей отдельно взятой территории не делает их заведомо универсальными. И всё же для тактики исследования подобный приём вполне пригоден. Тем более потому, что речь пойдёт о действительно типичном для Севера регионе.

Республика Саха (Якутия) — самый большой по площади субъект Российской Федерации. Кроме того, она является и самой крупной административно-территориальной единицей в мире. Протяжённость Якутии в широтном направлении — 2500 км, а в меридианном — 2000 км. Свыше 40 % её территории расположено за Полярным кругом.

Численность населения республики на 1 января 2017 года составила менее миллиона (962835) человек, из которых 65,5 % — городское население и 34,5 % — сельское. При этом в столице — Якутске проживает 33,7 % от общей численности. Средняя плотность населения в регионе — 0,31 человека на 1 км<sup>2</sup>. Меньшую плотность в России имеют только Чукотский и Ненецкий автономные округа, тоже из приполярной зоны.

Однако Республика Саха (Якутия) представляет особый стратегический интерес в экономическом и геополитическом смысле. На её территории сосредоточены огромные запасы полезных ископаемых, а по акваториям северных морей проходит граница РФ. Очевидный минус: местная экономика уже долгое время сохраняет гипертрофированную сырьевую

направленность с недостаточным уровнем развития производственной и социальной инфраструктур.

Северная часть региона омывается морем Лаптевых и Восточно-Сибирским морем, по ним проходит Северный морской путь. В республике насчитывается почти 700 тыс. рек общей протяжённостью более 1,5 млн км. Это определило ведущую роль речного транспорта в распределении внутренних грузопотоков. В порту Осетрово Иркутской области на речной транспорт переваливается около 80 % всех грузов, доставляемых в Республику Саха (Якутия). Основными транспортными артериями Якутии являются река Лена с притоками Вилюй и Алдан, Оленёк, Яна, Индигирка и Колыма. Большая доля территории находится в зоне вечной мерзлоты, что сильно сокращает период навигации по этим рекам.

Средняя температура января здесь составляет  $-35,6^{\circ}\text{C}$ , июля  $+13,5^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный минимум температуры в Якутске достигает  $-64^{\circ}\text{C}$ , а в районе «полюса холода», в Оймяконе до  $-70^{\circ}\text{C}$ . Годовая амплитуда температур воздуха — более  $100^{\circ}\text{C}$ . Абсолютный максимум температуры в Якутске достигает  $+38^{\circ}\text{C}$ , а в районе «полюса холода», в — до  $+35^{\circ}\text{C}$  [4], что существенно влияет на снижение глубины рек в летний период, сдвигая начало навигации на конец августа и ещё больше сокращая период судоходства.

Потребность развития транспортной инфраструктуры определяется мощностью существующих и потенциальных людских и материальных потоков.

Основными элементами транспортной системы Республики Саха (Якутия), если следовать привычному функциональному распределению, являются:

- сеть водных путей сообщения (реки Лена, Вилюй, Алдан, Яна, Индигирка, Колыма, Анабар, Оленёк, Восточно-Сибирское море и море Лаптевых);

- сеть федеральных автодорог: «Лена» (Б. Невер—Якутск), «Колыма» (Якутск—Магадан), «Вилюй» (Якутск—Мирный—Усть-Кут); сеть региональных автодорог; сеть ежегодно возобновляемых сезонных дорог — автозимников, прокладываемых по руслу замёрзших рек;

- сеть воздушных авиасообщений;

- Амуро-Якутская железнодорожная магистраль (разъезд Якутский—Беркамит—Томмот, участок Томмот—Нижний Бестях, находящийся во временной эксплуатации);



- магистральные газопроводы: Средне-вильейское ГКМ—Мастах—Берге—Якутск и Таас—Юрях—Мирный—Моркока—Айхал: участок нефтепровода ВСТО;

- обеспечивающие инфраструктурные объекты: порты, причалы, склады, нефтеперегонные и газораспределительные станции, железнодорожные станции, сеть аэропортов (наиболее крупные — Якутск, Тикси, Мирный, Талакан, Ленск) и т.д.;

- транспортные средства предприятий и организации, занимающиеся эксплуатацией транспортных средств и путей сообщения;

- обслуживающие системы транспорта: пункты технического обслуживания и эксплуатации транспорта (ремонтные базы, АЗС, автосервисы и т.д.);

- системы управления транспортом: организации и предприятия, координирующие взаимодействие в транспортной системе (проектирование, финансирование, управление и др.).

Транспортная инфраструктура обеспечивает связанность экономического пространства Республики Саха (Якутия). Экономическое пространство в контексте территориального подхода — это насыщенная территория, вмещающая множество объектов и связи между ними: населённые пункты, промышленные предприятия, хозяйственно освоенные и рекреационные площади, транспортные и инженерные сети и т.д. [5]. Поэтому оценку состояния транспортной системы невозможно проводить без учёта реалий экономики и социальной сферы, предъявляющих свой полноценный спрос на услуги транспорта.

## ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД

Вопросам взаимосвязи уровня развития транспортной системы и экономики региона посвящено немало исследований [6–10]. При этом транспортная система рассматривается как главная обеспечивающая отрасль экономики. Прогрессирующая экономика требует соответствующего уровня транспортной инфраструктуры, создающей базу для возможной специализации и концентрации производства, и увеличивает спрос на услуги по перевозке грузов.

Другим направлением исследований является мера влияния развития транспортной системы на развитие экономики. С этих позиций прогресс транспортной системы способствует росту мобильности трудовых и произ-

водственных ресурсов, товаров, расширению торговых связей и, как следствие, повышению конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности экономики регионов. Причём большинство исследователей сходится на том, что существующие здесь зависимости достаточно сильны.

В США в 1992 году для оценки роли транспортного сектора в экономике был создан специальный инструмент — «вспомогательные транспортные счета» (Transport Satellite Accounts). Они связаны с системой национальных счетов и определяют влияние транспорта на производителей, регионы, различных пользователей и потребителей. В отличие от национальных счетов, вспомогательные транспортные учитывают не только услуги транспортного сектора, оказанные третьим лицам, но и услуги собственного транспорта компаний и даже домохозяйств [11]. Методика расчёта основана на выявлении доли тех же затрат в базовой цене готовой продукции предприятий и доли транспортных затрат в розничной цене реализуемой потребителям продукции.

Во Франции также используется система вспомогательных транспортных счетов, однако в их оценку добавлены социальные затраты на транспорт. В Бельгии вспомогательные счета составляются по методике, принятой во Франции. В Италии транспортные счета действуют с 1992 года по образцу США, при этом основное внимание сосредоточено на автомобильном транспорте [12]. Однако подобная методика оценивает не весь спектр функций, реализуемых транспортной системой. Неполный учёт функций ограничивает возможности построения оптимальной модели развития в регионах, поскольку не позволяет до конца оценить совокупный спрос на транспортные услуги.

В данном случае взамен предлагается использовать полифункциональный подход, признающий приоритет многофункциональности транспортной системы при оценке её ресурсов и возможностей. Под многофункциональностью понимается совокупность всех общественно значимых целей и предназначений регионального транспорта, реализация которых обеспечивает необходимые и достаточные условия сбалансированного развития тех или иных территорий страны.

Для реализации обозначенного подхода нужно чётко представлять общественно значимые функции транспортной системы региона

на макро-, мезо- и микроуровнях, исследовать взаимосвязи и взаимодействия в пределах этих функций. Сущность предлагаемых зависимостей заключается в том, что каждая функция может быть в полной мере реализована при адекватности остальных функций — если хотя бы одна из них не развита, она становится ограничением в использовании всех других. Каждая функция обретает свои формы реализации и механизмы организации в зависимости от иерархического уровня, на котором она выполняется.

Региональная транспортная система — это географически обособленная часть национальной транспортной системы, регулируемая институтами региональных и федеральных властей и оказывающая закреплённые за ней услуги в административных границах региона и в его интересах [2]. Единая региональная транспортная система включает в себя совокупность всех видов транспорта и агентов, связанных экономическим, техническим, технологическим и нормативно-правовым взаимодействием. Это является обязательным условием эффективного обеспечения транспортной доступности северных регионов, так как в суровых природно-климатических условиях ни один вид транспорта самостоятельно не в состоянии обеспечить все потребности в перевозках. Так, автомобильный транспорт используется преимущественно зимой во время открытия «зимников», воздушный транспорт применяется для доставки дорогостоящих и скоропортящихся категорий грузов, речной транспорт обслуживает только территории вдоль русел рек и то с ограниченным навигационным периодом, морской транспорт применяется для транспортировки тяжеловесных грузов, не предъявляющих особых условий к температурному режиму. И только их комплексное взаимодействие позволяет организовать единый транспортный процесс на этих территориях. Реализация функций транспортной системы имеет свои проекции и на уровне государства в целом.

## АДАПТАЦИЯ ФУНКЦИЙ

В рамках предложенного подхода к оценке полифункциональности транспортной системы в северных регионах были выделены восемь функций, четыре из которых основные: экономическая, социальная, экологическая и геополитическая, а ещё четыре развивающие: инсти-

туциональная, инновационная, информационная и интеграционная.

Рассмотрим влияние каждой из них на развитие региона на макро-, мезо- и микроуровнях (таблица 1).

Экономическая функция на макроуровне реализуется в нескольких направлениях: создание условий для разделения труда, специализации и кооперации производства; обеспечение транспортной доступности ресурсов и производственных мощностей; расширение транзитного потенциала территории; сокращение совокупных транспортно-логистических затрат в экономике страны; снижение степени неопределённости (риска) хозяйственной деятельности в сферах, зависящих от транспортных факторов; формирование доходов бюджетов. Для северных регионов её особенность состоит в потребности освоения новых месторождений полезных ископаемых и инициируемых этой деятельностью грузовых потоков. В связи с этим в данных регионах всегда выходящий грузопоток преобладает над входящим (за счёт вывоза сырьевых грузов). В то же время, входящий грузопоток дорогостоящих и скоропортящихся товаров для обеспечения нормальной жизнедеятельности трудовых мигрантов, обслуживаемый воздушным транспортом, не имеет спроса для загрузки провозных мощностей на обратном пути следования.

Показателями для оценки экономической функции транспортной системы могут выступать: доля транспортных затрат в ВРП, доля логистических затрат в ВРП, доля транспортных и логистических затрат в стоимости готовой продукции и розничной её цене на рынке, грузонапряжённость по всем видам транспорта в разрезе муниципальных районов, доля транзитного потока в общем объёме грузооборота и т.д. В северных регионах логистические затраты будут включать затраты на транспортировку грузов, стоимость погрузо-разгрузочных работ, дополнительные расходы на сортировку, тарирование, перевалку/перекачку, упаковку и прочее, затраты на хранение и депоацию грузов.

Для сопоставления спроса и предложения транспортных услуг может быть использован показатель грузовой активности хозяйствующих субъектов, рассчитанный как отношение перевезённых грузов всеми видами транспорта. В качестве универсального показателя оценки экономической эффективности транспортной системы северных территорий вполне пригоден



## Концепция полифункциональности транспортной системы

Макроуровень – государство	Мезоуровень – регион	Микроуровень – субъекты региона
<i>Основные функции</i>		
Экономическая		
1. Получение мультипликативного эффекта для развития экономики при вложении инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры. 2. Увеличение налоговых поступлений в федеральный бюджет. 3. Повышение уровня занятости населения и мобильности трудовых ресурсов в рамках государства. 4. Развитие специализации производства и обеспечение транспортной доступности производственных ресурсов страны. 5. Повышение эффективности транспортно-логистической деятельности в рамках государства. 6. Повышение использования транзитного потенциала страны.	1. Получение мультипликативного эффекта развития экономики региона при вложении инвестиций в развитие транспортной инфраструктуры. 2. Увеличение налоговых поступлений в региональный бюджет. 3. Повышение уровня занятости населения в регионе, стимулирование трудовой миграции. 4. Обеспечение транспортной доступности ресурсов и производственных мощностей. 5. Повышение эффективности транспортно-логистической деятельности. 6. Расширение использования транзитного потенциала территории.	1. Сокращение транспортно-логистических затрат отдельно взятых производителей. 2. Снижение конечной стоимости товара для потребителя. 3. Сокращение сроков доставки товаров и повышение качества доставки. 4. Сокращение логистических рисков при доставке товаров и, как следствие, снижение степени неопределённости хозяйственной деятельности.
Социальная		
1. Развитие возможностей трудовой миграции и повышение доходов населения страны. 2. Удовлетворение туристических и эстетических потребностей населения. 3. Транспортное обеспечение продовольственной безопасности страны с учётом потребности распределения продовольствия внутри регионов и его завоза из зарубежных стран. 4. Удовлетворение потребностей МЧС в выполнении транспортных услуг на уровне государства.	1. Развитие возможностей трудовой миграции и повышение доходов населения внутри региона. 2. Вливание дополнительных денег в экономику региона за счёт увеличения расходов занятого населения. 3. Удовлетворение потребностей здравоохранения в выполнении транспортных услуг. 4. Удовлетворение потребностей МЧС в выполнении транспортных услуг. 5. Транспортное обеспечение продовольственной безопасности регионов, где отсутствует возможность или затруднено производство собственной сельскохозяйственной продукции.	1. Создание нормальных условий для удовлетворения потребности населения в трудовых и бытовых поездках. 2. Обеспечение доступности социальных благ для населения. 3. Удовлетворение туристических и эстетических потребностей населения. 4. Удовлетворение потребностей населения в завозе продовольствия, медикаментов и топлива в северные регионы.
Геополитическая		
1. Обеспечение национальной безопасности. 2. Обеспечение продовольственной безопасности. 3. Обеспечение транспортной связанности регионов.	Защита внешних границ региона, являющихся границами государства.	Защита населения региона от геополитических конфликтов.
Экологическая		
Защита окружающей среды государства.	Защита окружающей среды региона.	Создание благоприятных экологических условий для проживания населения.
<i>Развивающие функции</i>		
Информационная		
Создание и распространение информации в транспортной системе региона и страны и её трансляция в другие сферы.	Создание и распространение информации в транспортной системе региона и её трансляция в другие сферы.	Распространение информации, генерируемой транспортной системой, среди потребителей транспортных услуг региона.
Инновационная		
Разработка и использование инновационных технологий в транспортной системе на национальном уровне.	Разработка и использование инновационных технологий в транспортной системе на региональном уровне (разработка специальных технологий для северных регионов).	Разработка и использование инновационных технологий в транспортной системе для потребителей транспортных услуг в регионе.
Институциональная		
Создание правовых и организационных механизмов, направленных на обеспечение всех функций транспортной системы на национальном уровне.	Создание правовых и организационных механизмов, направленных на обеспечение всех вышеперечисленных функций транспортной системы на региональном уровне.	Создание правовых и организационных механизмов, направленных на обеспечение всех функций транспортной системы на уровне пользователей её услуг в регионе.
Интеграционная		
Интеграция региональных транспортных систем в единую национальную транспортную систему.	Пространственное развитие регионов за счёт вовлечения и освоения новых территорий.	Интеграция всех населённых пунктов региона в единую региональную транспортную систему с целью их сбалансированного развития.

Оказываемое влияние на развитие территории, региона, страны

индексный метод [13]. Степень неопределённости (риска) хозяйственной деятельности из-за транспортно-логистических факторов предлагается оценивать как отношение количества сбоев поставок к общему числу реализованных грузоперевозок, а также с учётом рисков в отношении инфраструктуры и транспортной сети [14].

*Социальная* функция реализуется путём обеспечения трудовых и бытовых поездок населения, достаточной транспортной доступности социальных благ, удовлетворения туристических и эстетических потребностей населения. Особенности этой функции в северных регионах является территориальная удалённость многих населённых пунктов от региональных центров и их низкая населённость, что делает проекты развития транспортной инфраструктуры низкоокупаемыми. Показателями выполнения социальной функции могут выступать уровень транспортной доступности территории, транспортная мобильность населения.

*Геополитическая* функция транспортной системы оценивается критериями национальной безопасности во всех её аспектах. С точки зрения северных регионов эта функция особенно актуальна из-за большой протяжённости государственных границ по этим территориям. Основным показателем здесь может быть, в первую очередь, транспортная связанность территорий.

*Экологическая* функция на любом уровне проявляется в сохранении и защите окружающей среды. Для северных регионов она выражается в защите от антропогенного воздействия в результате развития транспортной системы. Ситуация получает оценку с помощью показателей, характеризующих негативное влияние каждого вида транспорта на экологию региона.

*Информационная* функция реализуется в виде создания (генерации) данных о транспортной системе региона и их трансляции в другие сферы, а также получения и обработки встречной информации. Информационно-коммуникационные технологии дают основу для управления транспортной системой на всех уровнях. Для северных регионов значение данной функции возрастает в связи с необходимостью скорейшей передачи информации в условиях быстрого изменения природно-климатических условий. Показателями информационной функции служат доступность, своевременность поступления, быстрота получения и обработки информации и т.д.

*Инновационная* функция заключается в потребности создавать и использовать новейшие технологии в транспортной системе. Такие технологии особенно востребованы в северных регионах в связи с тяжёлыми природно-климатическими условиями, актуальностью снижения стоимости транспортировки и рисков сбоев поставок. Среди них можно отметить: использование специальных многозвенных автопоездов большой длины; строительство «облегчённых» железных дорог временного пользования для обслуживания небольших месторождений полезных ископаемых; применение методов постройки автодорожного полотна из материалов, попутно добываемых при извлечении полезных ископаемых; разработка транспортных средств на воздушной подушке; использование амфибийных вездеходов; применение снегоболотоходов на грунтах с низкой несущей способностью и т.д. [15]. Инновационная составляющая может быть оценена показателем количества инновационных проектов для транспортной системы в северных регионах, возрастом эксплуатируемого подвижного состава, объёмом финансирования отраслевых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

*Институциональная* функция выражается в действенности правовых и организационных механизмов, направленных на выполнение всех обозначенных ранее функций. Она характеризуется эффективностью мер правового регулирования, применяемых в северных регионах, и их адаптивностью применительно к местным условиям.

*Интеграционная* функция транспортной системы проявляет себя в пространственном развитии территорий за счёт вовлечения и освоения новых земель на мезоуровне и интеграции региональных транспортных систем в единую национальную систему. Для северных регионов такая интеграция особенно значима с точки зрения их освоения и развития. Масштабы интеграционных процессов определяются закономерностями глобализации, с одной стороны, и политической ситуацией на мировой арене, с другой стороны.

Показателями для оценки функции служат количество изолированных участков транспортных сетей и количество районов, не имеющих достаточной транспортной доступности.



## ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ

Предложенный полифункциональный подход к оценке влияния транспортной системы на развитие региона и страны позволяет, с одной стороны, детализировать направления этого влияния и в дальнейшем найти возможности его математической интерпретации по каждой из рассматриваемых функций. С другой стороны, новый подход поможет в разработке стратегии транспортных систем в северных регионах с учётом сбалансированного использования основных и развивающих функций.

При создании модели развития транспортной системы во внимание берётся совокупный спрос на транспортные услуги отраслей экономики и всех заинтересованных субъектов региона (бизнеса, населения, медицины, МЧС и т.д.). Только в этом случае можно получить максимальный эффект от системы при условии, что совокупный спрос на транспортные услуги будет равен совокупному предложению. Оценку совокупного спроса предлагается проводить с помощью модели полифункциональности транспортной системы региона. При создании модели под потребности северных регионов целесообразно применить инструмент стратегических инвестиций в транспортную систему (Transportation Network Strategic Investment Tool). Он даёт возможность, используя функции геоинформационных систем, рассчитывать оптимальные транспортные расходы для различных сценариев, основанных на характеристике состояния транспортной сети, правилах перевозок, типах транспортных средств [16]. Предлагаемая математическая модель направлена на оптимизацию структуры транспортной системы региона на основе распределения всех категорий грузооборота и прочих транспортных услуг по конкретным маршрутам доставки, определения прогнозируемого спроса на транспортную работу и конкретных проектов развития транспортной системы по системообразующим маршрутам доставки.

Проведённое исследование показало, что транспорт в северных регионах играет особую роль в их развитии. С точки зрения государственных органов, расширение ресурса транспортной инфраструктуры является менее рискованным способом, чем остальные возможные варианты роста [17]. Сложность оценки транспортной обеспеченности северных территорий заключается в сезонной доступности коммуникаций, что не позволяет с достаточной

точностью рассчитать их круглогодичный потенциал [13].

В ходе исследования были выявлены определённые особенности и закономерности развития транспортных систем северных регионов:

1. Из-за высокой стоимости строительства путей сообщения применяются преимущественно естественные транспортные коммуникации (речные, морские пути, зимники).

2. Для доставки грузов, как правило, используется несколько видов транспорта, что требует наличия мест для их хранения и перевалки, разработки эффективных технологий смешанных, интермодальных и мультимодальных перевозок.

3. Сезонность видов транспорта предполагает обязательное присутствие в транспортных схемах доставки пунктов накопления и депонирования грузов, что делает невозможным прогресс транспортной системы в отрыве от сбалансированного развития объектов логистической инфраструктуры.

4. Затрудняет согласованную практику наличие в северных регионах участков транспортных сетей, изолированных от общей транспортной системы.

5. Распределение грузопотоков по маршрутам доставки определяется технико-экономическими показателями без учёта оценки транспортных рисков, возникающих вследствие недостаточного уровня развития транспортных средств [18].

6. Методики оценки региональных транспортных систем неприменимы к северным регионам из-за отсутствия круглогодичной доступности транспортных коммуникаций.

Эти особенности предопределяют потребности в разработке специальной методики для оценки и прогнозирования направлений развития транспортной системы северных регионов:

- Провозной круглогодичный потенциал транспортной системы должен рассчитываться с учётом коэффициентов сезонности использования отдельно по каждому виду транспорта и в разрезе определённых участков транспортной сети, имеющих одинаковую сезонную доступность.

- При оценке мультимодальных маршрутов доставки грузов провозная способность должна определяться по наименьшей пропускной способности участка данного маршрута доставки.



• Оценка транспортной системы может осуществляться одновременно с оценкой логистической системы, поскольку в схемах доставки преобладают мультимодальные маршруты, и обязательным звеном в технологии доставки грузов на север являются пункты их хранения и депокации.

• Кроме технико-экономических показателей для сравнения эффективности различных технологий доставки должны учитываться транспортно-логистические риски, которые возникают в связи с высокой степенью износа подвижного состава и отстающим техническим уровнем транспортной инфраструктуры.

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Результаты исследования свидетельствуют, что для оценки состояния и прогнозирования развития транспортной системы северных регионов необходимо наличие статистической информации, которой не располагает региональная статистическая служба, в том числе данных о транспортной работе медицинских организаций, подразделений МЧС, имеющих спрос на транспортные услуги в регионе. Без наличия этой информации не представляется возможным оценить совокупный спрос и рассчитать соответствующие затраты.

На основании учёта всех рассмотренных факторов следует разработать математическую модель оценки состояния транспортной системы северного региона, её полифункциональности и степени реализации каждой из основных и развивающих функций. На базе математической оценки состояния транспортной системы необходимо создание динамической модели для северных регионов, которая отражает потребности совокупного спроса на транспортные услуги со стороны всех заинтересованных субъектов и в разрезе продуктового состава грузопотоков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Самсонова И. В., Ярлыкапов А. Б. Продовольственное обеспечение населения районов Крайнего Севера России // Экономическая политика. – 2016. – № 4. – С. 13–18.  
2. Мамаев Э. А. Оценка потенциала транспортно-логистического комплекса региона // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России: Сб. научных трудов. – М., 2018. – С. 341–343.

3. Николаев М. В., Гуляев П. В. Современные проблемы социально-экономического развития арктической зоны Республики Саха (Якутия) // Проблемы современной экономики. – 2015. – № 3. – С. 249–252.

4. Схема комплексного развития производственных сил, транспорта и энергетики Республики Саха (Якутия) до 2020 года. Утверждено постановлением правительства Республики Саха (Якутия) № 411 от 06.09.2006 г.

5. Гранберг А. Г. Основы региональной экономики: Учебник. – М.: ВШЭ, 2000. – 459 с.

6. Rodrigue J.-P., Comtois C., Slack B. The Geography of Transport Systems, 4th Edition. – Routledge, 2017. – 440 p. [Электронный ресурс]: [https://transportgeography.org/?page\\_id=38](https://transportgeography.org/?page_id=38). Доступ 09.01.2019.

7. Transport and Regional Development, Goodbody Economic Consultants, Ballsbridge Park, Ballsbridge, Dublin. [Электронный ресурс]: <http://www.irishspatialstrategy.ie/docs/pdf/Transport%20and%20Regional%20Development.pdf>. Доступ 09.01.2019.

8. Беляев В. М., Филиппова Н. А. Основы организации транспортной системы северных регионов // Мир транспорта. – 2017. – № 1. – С. 162–167.

9. Филиппова Н. А., Ефименко Д. Б., Ледовский А. А. Обеспечение эффективности транспортных процессов в районах Крайнего Севера // Мир транспорта. – 2018. – № 4. – С. 150–159.

10. Кисленко А. Н., Малащук П. А. Воркутинский транспортный узел: роль в освоении Арктики // Мир транспорта. – 2019. – № 1. – С. 142–153.

11. Kauppi J., Thompson S. Transport Satellite Accounts: Recent Developments. OECD, ITF. Statistical paper, # 3/2010. [Электронный ресурс]: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/sp201003.pdf>. Доступ 09.01.2019.

12. Putignano C., Montella M. Transport Satellite Accounts: the Italian experience, 54th Session 2003 – International Statistical Institute, Berlin 13–20 August 2003. [Электронный ресурс]: [https://www.academia.edu/2289082/Transport\\_Satellite\\_Account\\_a\\_new\\_tool\\_for\\_measuring\\_the\\_transport\\_service](https://www.academia.edu/2289082/Transport_Satellite_Account_a_new_tool_for_measuring_the_transport_service). Доступ 09.01.2019.

13. Егорова Т. П. Методический инструментарий комплексной оценки транспортной обеспеченности локальных экономических систем в регионах Севера // Тренды и управление. – 2018. – № 1. – С. 14–28. – DOI: 10.7256/2454-0730.2018.1.24926.

14. Balster A., Friedrich H. Dynamic Freight Flow Modelling for Risk Evaluation in Food Supply // Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 121, Jan. 2019, pp. 4–22. [Электронный ресурс]: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.03.002>. Доступ 09.01.2019.

15. Тарасов П. И. Развитие транспортной сети Республики Саха (Якутия) // Арктика и Север. – 2014. – № 17. – С. 65–77.

16. Higgins A., McFallan S., Laredo L., Prestwidge D., Stone P. Transit – a model for simulating infrastructure and policy interventions in agriculture logistics: application to the Northern Australia beef industry // Comput. Electron. Agric. – 2015. – № 114. – pp. 32–42. [Электронный ресурс]: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.03.018>. Доступ 09.01.2019.

17. Shibata T., Yano T., Kosaka H. The Effect of Transportation System on the Economic Growth of the Japanese Economy 1965–2000: using nine region inter-regional IO model, ERSA conference papers ersa10. – 2011. – European Regional Science Association. – 517 p. [Электронный ресурс]: <https://ideas.repec.org/p/wiw/wiwr/ersa10p517.html>. Доступ 09.01.2019.

18. Полешкина И. О. Оценка эффективности продовольственного обеспечения районов Крайнего Севера России // Экономика региона. – 2018. – № 3. – С. 820–835.

Координаты автора: **Полешкина И. О.** – [ipoleshkina@mail.ru](mailto:ipoleshkina@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 09.01.2019, принята к публикации 20.02.2019.





## POLYFUNCTIONALITY OF THE TRANSPORT SYSTEM OF NORTHERN REGIONS

*Poleshkina, Irina O., Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

The leading role of the transport system in the development of northern regions of Russia from the point of view of national strategic interests and basing in the analysis of the features of those regions, has been identified.

The problem of insufficient development of methods for assessing the state of the transportation market in the absence of year-round availability of transport routes has been revealed. Therefore, the concept of polyfunctionality of the transport system of northern regions has been proposed, along with core definitions in its regard. It involves performance

of four core functions (economic, social, environmental, and geopolitical one), as well as of four developing functions (informational, innovative, institutional, and integrative one). Public statistics data required for implementation of the concept, but now unavailable, are identified.

The study shows the possible stakeholders interested in the implementation of those functions at the macro, meso, and micro levels, suggests indicators for assessing the multifunctional system. The research conclusions are developed using brief overview of international practices and data and situation analysis regarding Russian northern regions, particularly Republic of Sakha (Yakutia).

*Keywords:* transport system, northern regions, cargo turnover, assessment of the transport market, polyfunctionality, adaptation of estimated indicators, statistical information.

**Background.** *The northern regions are of particular interest to the Russian economy in terms of their development. 90 % of coal reserves, 80 % of hydropower resources, large strategic reserves of oil and gas, almost all of the explored rare metals and diamonds, half of the iron ore deposits, 80 % of forest resources and more than 60 % of fresh water reserves are concentrated in these huge territories [1]. Therefore, the first and necessary condition for their viability is an efficient transport system that would ensure the possibility of moving incoming and outgoing, as well as internal material and human flows, and will provide for integrity, security and integration of the lands geographically removed from the center into the common economic space of the country.*

*The transport system is always multifunctional, consists of a large number of elements with different level of integration. For its development in Russia, regional aspects remain important but insufficiently studied, as any territorial association of infrastructure, routes, vehicles, and agents of the transportation process, which are called to perform realization of transport and economic relations, needs a balanced development of its subsystems and their ability to meet the needs of the population and all the sectors of the economy. The role of the transport system is historically confirmed by the advanced intensive progress of the regions located on the main routes of continental and intercontinental transport communications [2].*

*With regard to the northern regions, the role of the transport system is increasing, acquiring priority importance in creating a competitive advantage for the territory, since there are more severe living and economic conditions. Effective development of an industrial complex in such an extreme natural-climatic zone can be achieved only with adequate transport accessibility and favorable conditions for labour migration of the population [3].*

**Objective.** *The objective of the author is to consider polyfunctionality of the transport system of northern regions.*

**Methods.** *The author uses general scientific methods, comparative and economic analysis, evaluation approach, statistical methods.*

### Results.

#### **Typification of a selected object**

*Of course, localization of some features of a single territory does not make them deliberately universal. Yet for the tactics of research such a technique is quite suitable. All the more since it's really about a typical Northern region.*

*The Republic of Sakha (Yakutia) is the largest region of the Russian Federation. In addition, it is the largest administrative-territorial unit in the world. The length of Yakutia in the latitudinal direction is 2500 km, and in the meridian direction the length is*

*of 2000 km. Over 40 % of its territory is located beyond the Arctic Circle.*

*The population of the republic as of January 1, 2017 was less than a million (962835) people, of which 65,5 % live in urban, and 34,5 % in rural areas. At the same time, 33,7 % of the total number live in the capital Yakutsk. The average population density in the region is 0,31 human inhabitants per 1 km<sup>2</sup>. Among federal entities in Russia, only the Chukotka and Nenets Autonomous Districts, also from the circumpolar zone, have less population density.*

*However, the Republic of Sakha (Yakutia) is of particular strategic interest in economic and geopolitical terms. Huge mineral reserves are concentrated in its territory, and the border of the Russian Federation passes through the waters of the northern seas. The obvious disadvantage is that the local economy has long retained a hypertrophied raw materials orientation with an insufficient level of development of production and social infrastructures.*

*The northern part of the region is washed by the Laptev Sea and the East Siberian Sea, the Northern Sea Route passes through them. There are almost 700 thousand rivers in the republic with a total length of more than 1,5 million km. This determined the leading role of river transport in distribution of domestic cargo flows. In the port of Osetrovo, Irkutsk Region, about 80 % of all cargo delivered to the Republic of Sakha (Yakutia) is transshipped to river transport. The main transport arteries of Yakutia are the Lena River with tributaries Vilyuy and Aldan, rivers Olenyok, Yana, Indigirka and Kolyma. A large part of the territory is located in the permafrost zone, which greatly shortens the period of navigation along these rivers.*

*The average January temperature here is -35,6°C, the July temperature is of +13,5°C. The absolute minimum temperature in Yakutsk reaches -64°C, and in the region of the «cold pole» of Oymyakon falls to -70°C. Annual amplitude of air temperatures is more than 100°C. The absolute maximum temperature in Yakutsk reaches +38°C, and near the «cold pole» can go up to +35°C [4], which significantly affects the decrease in the depth of rivers in the summer, shifting the beginning of navigation to the end of August and shortening the period of shipping even more.*

*The need to develop transport infrastructure is determined by the capacity of existing and potential human and material flows.*

*The main elements of the transport system of the Republic of Sakha (Yakutia), if we follow the usual functional distribution, are:*

- a network of waterways (the Lena, Vilyui, Aldan, Yana, Indigirka, Kolyma, Anabar, Olenyok, East Siberian Sea and Laptev Sea);

• a network of federal highways: Lena (B. Never–Yakutsk), Kolyma (Yakutsk–Magadan), Vilyuy (Yakutsk–Mirny–Ust–Kut); regional road network; a network of annually renewable seasonal roads – winter (snow) roads, laid along the channels of frozen rivers;

- air traffic network;
- Amur–Yakutsk railway (Yakut–Berkakit–Tommot junction, Tommot–Nizhny Bestyakh section, which is in temporary operation);
- main gas pipelines: Srednevilyuysky gas condensate field–Mastakh–Berge–Yakutsk and Taas–Yuryakh–Mirny–Morkoka–Aikhal; Eastern Siberia–Pacific Ocean oil pipeline (ESPO) section;
- supporting infrastructure facilities: ports, berths, warehouses, oil refining and gas distribution stations, railway stations, a network of airports (the largest ones are Yakutsk, Tiksi, Mirny, Talakan, Lensk), etc.;
- vehicles of enterprises and organizations involved in operation of vehicles and transport routes;
- transport service systems: points of maintenance and operation of transport (repair bases, gas stations, garages, etc.);
- transport management systems: organizations and enterprises coordinating interaction in the transport system (design, financing, management, etc.).

Transport infrastructure provides connectivity of the economic space of the Republic of Sakha (Yakutia). The economic space in the context of the territorial approach is a rich territory containing many objects and connections between them: settlements, industrial enterprises, economically developed and recreational areas, transport and engineering networks, etc. [5]. Therefore, it is impossible to assess the state of the transport system without taking into account the realities of the economy and the social sphere, which present their full-fledged demand for transport services.

#### **Polyfunctional approach**

A considerable amount of research works is devoted to the relationship between the level of development of the transport system and the region's economy [6–10]. At the same time, the transport system is considered as the main supporting branch of the economy. A progressive economy requires an appropriate level of transport infrastructure, which creates the basis for possible specialization and concentration of production, and increases the demand for cargo transportation services.

Another area of research is the measure of the impact of transport system development on development of the economy. From this position, the progress of the transport system contributes to the mobility of labour and production resources, goods, expansion of trade relations and, consequently, increased competitiveness and investment attractiveness of regional economies. And the majority of researchers agree that the dependencies existing here are quite strong.

In the United States, in 1992, a special tool, Transportation Satellite Accounts (TSAs), was created providing a means for measuring the contribution of transportation services to the national economy. They are linked to the system of national accounts and determine the impact of transport on producers, regions, various users and consumers. In contrast to national accounts, satellite transport accounts consider not only the services of the transport sector rendered to third parties, but also the services of own transport of companies and even of households [11]. The method of calculation is based on identifying the share of the same costs in the base price of finished products of enterprises and the share of transportation costs in the retail price of products sold to consumers.

In France, a system of auxiliary (satellite) transport accounts is also used, but the social costs of transport are added to their estimates. In Belgium, such accounts are compiled according to the methodology adopted in France. In Italy, transport accounts have been operating since 1992 according to US

model with the main focus on road transport [12]. However, this technique does not estimate the whole range of functions implemented by the transport system. Incomplete consideration of functions limits the ability to build an optimal development model in the regions, since it does not allow to fully estimate the aggregate demand for transport services.

In this case, instead, it is proposed to use a multifunctional approach that recognizes the priority of multifunctionality of the transport system in assessing its resources and capabilities. Multifunctionality means an aggregate of all socially significant goals and purposes of regional transport, realization of which provides the necessary and sufficient conditions for the balanced development of certain territories of the country.

To implement the designated approach, it is necessary to clearly represent the socially significant functions of the transport system of the region at the macro, meso and micro levels, to explore the relationships and interactions within these functions. The essence of the proposed dependencies is that each function can be fully implemented only when the other functions are adequately developed if at least one of them is not developed, it becomes a restrictive barrier to the use of all others. Each function acquires its own forms of implementation and organization mechanisms depending on the hierarchical level at which it is executed.

The regional transport system is a geographically isolated part of the national transport system, regulated by the institutions of regional and federal authorities and providing the relevant services within the administrative boundaries of the region and its interests [2]. The single regional transport system includes a combination of all modes of transport and agents connected by economic, technical, technological and regulatory interaction. This interaction is a prerequisite for effective provision of transport accessibility of the northern regions, as in the harsh natural and climatic conditions, no mode of transport alone is able to provide all transportation needs. So, road transport is used mainly in winter during opening of winter roads, air transport is used to deliver expensive and perishable categories of goods, river transport serves only the territories along river channels during a limited navigation period, sea transport is used to transport heavy cargoes that do not require special temperature conditions. And only their complex interaction allows to organize a single transport process in these territories. Implementation of functions of the transport system has its projections at the state level as a whole.

#### **Adaptation of functions**

As part of the proposed approach to assessing multifunctionality of the transport system in the northern regions, eight functions were identified, four of which are basic: economic, social, environmental, and geopolitical one, and four more are focused on development: institutional, innovation, information, and integrative one.

Let's consider the influence of each of them on development of the region at the macro, meso and micro levels (Table 1).

The economic function at the macro level is implemented in several directions: creation of conditions for division of labour specialization and cooperation of production; ensuring availability of resources and production capacity; expansion of the transit potential of the territory; reduction of total transport and logistics costs in the economy; reducing the degree of uncertainty (risk) of economic activity in areas that depend on transport factors; input flow of budget revenues. For the northern regions, its feature is the need to develop new mineral deposits and cargo flows initiated by this activity. In this connection, in these regions outgoing cargo flow always prevails over incoming (due to the export of raw goods). At the same time, if there is an incoming cargo flow of expensive and perishable goods to ensure the normal functioning of migrant workers served by air transport, then there is no demand for return air cargo load capacity.

Indicators for assessing the economic function of the transport system can be: the share of transport costs in Gross



Concept of polyfunctionality of the transport system

Impact on development of the territory, region, country	Macro level – country	Meso level – region	Micro level – subjects (districts, municipalities etc.) of the region
	<i>Main functions</i>		
	Economic		
	1. Getting a multiplier effect for development of the economy when investing in development of transport infrastructure. 2. The increase in tax revenues into the federal budget. 3. The increase in the level of employment and mobility of labour (human) resources within the country. 4. Development of specialization of production and ensuring the transport accessibility of the country's production resources. 5. Improving the efficiency of transport and logistics activities within the country. 6. Increasing the use of the country's transit potential.	1. Getting a multiplier effect of development of the regional economy when investing in development of transport infrastructure. 2. The increase in tax revenues into the regional budget. 3. The increase in the level of employment in the region, stimulating labour migration. 4. Ensuring transport availability of resources and production capacity. 5. Improving the efficiency of transport and logistics activities. 6. Expanding the use of the transit potential of the territory.	1. Reduction of transport and logistics costs of individual manufacturers. 2. Reduction of the final cost of goods for consumers. 3. Reduction of delivery time of goods and improving the quality of delivery. 4. Reduction of logistical risks during delivery of goods and, as a result, reduction of the degree of uncertainty of economic activity.
	Social		
	1. Development of labour migration opportunities and increase of incomes of the country's population. 2. Satisfaction of the tourist and aesthetic needs of the population. 3. Transport support for the country's food security, taking into account the need for food distribution within the regions and its delivery from foreign countries. 4. Meeting the needs of the Emergencies Ministry in provision of transport services at the state level.	1. Development of labour migration opportunities and increasing incomes of the population within the region. 2. Infusion of additional money into the economy of the region due to the increase in expenses of the employed population. 3. Meeting the needs of health institutions in transport services. 4. Meeting the needs of the Emergencies Ministry in provision of transport services. 5. Transport support for food security in regions where there is no possibility or difficulty in producing own agricultural products.	1. Creating normal conditions to meet the needs of the population in labour and household trips. 2. Ensuring availability of social benefits for the population. 3. Satisfaction of tourist and aesthetic needs of the population. 4. Meeting the needs of the population in delivery of food, medicine and fuel in the northern regions.
	Geopolitical		
	1. Ensuring national security. 2. Ensuring food security. 3. Ensuring transport connectivity of the regions.	Protection of the external borders of the region, which are the borders of the country.	Protection of the population of the region against geopolitical conflicts.
	Ecological		
	Environmental protection of the country.	Protection of the environment of the region.	Creation of favorable environmental conditions for the population.
	<i>Developmental functions</i>		
	Informational		
	Creation and dissemination of information within the transport system of the region and of the country and its translation into other areas.	Creation and dissemination of information within the transport system of the region and its translation into other areas.	Dissemination of information generated by the transport system among consumers of transport services in the region.
	Innovative		
	Development and use of innovative technologies in the transport system at the national level.	Development and use of innovative technologies in the transport system at the regional level (development of special technologies for the northern regions).	Development and use of innovative technologies in the transport system for consumers of transport services in the region.
	Institutional		
	Establishment of legal and institutional mechanisms aimed at ensuring all functions of the transport system at the national level.	Establishment of legal and organizational mechanisms aimed at ensuring all the above-mentioned functions of the transport system at the regional level.	Creation of legal and organizational mechanisms aimed at ensuring all functions of the transport system at the level of users of its services in the region.
	Integration		
	Integration of regional transport systems into a single national transport system.	Spatial development of regions through involvement and development of new territories.	Integration of all settlements of the region into a single regional transport system with the aim of their balanced development.

regional product (GRP), the share of logistics costs in GRP, the share of transport and logistics costs in the cost of finished products and their retail price in the market, traffic density for all modes of transport in the context of municipal districts, the share of transit flow in the total volume of turnover, etc. In the northern regions the logistics costs will include the cost of transportation of goods, the cost of loading and unloading, additional costs for sorting, taring, handling/transporting, packaging, etc., the cost of storing and depositing goods.

To compare the demand and supply of transport services, the indicator of cargo activity of economic entities can be used, calculated as the ratio of transported goods by all modes of transport. As a universal indicator for assessing the economic efficiency of the transport system of the northern territories, the index method is quite suitable [13]. The degree of uncertainty (risk) of economic activity due to transport and logistical factors is proposed to be estimated as the ratio of the number of supply failures to the total number of realized cargo transportations, as well as risks in the infrastructure and transport network [14].

The social function is realized by providing labour and household trips capacity to the population, sufficient transport accessibility of social benefits, meeting the tourist and aesthetic needs of the population, providing jobs and generating income for the employed population. The features of this function in the northern regions are the territorial remoteness of many settlements from the regional centers and their low population. This makes transport infrastructure development projects low-income. Indicators of the performance of social functions can be the level of transport accessibility of the territory, transport mobility of the population.

The geopolitical function of the transport system is assessed by national security criteria in all its aspects. From the point of view of the northern regions, this function is especially important because of a large extent of state borders passing at the boundaries of these territories. Nevertheless, the main indicator here may be primarily transport connectivity of territories.

Ecological function at any level is manifested in preservation and protection of the environment. For the northern regions, it is expressed through protection from anthropogenic impact of development of the transport system. The situation is evaluated using indicators characterizing the negative impact of each mode of transport on the ecology of the region.

The information function is implemented in the form of creating (generating) data on the transport system of the region and their translation into other areas, as well as receiving and processing feedback information. Information and communication technologies provide the basis for managing the transport system at all levels. For the northern regions, the importance of this function increases due to the need for the speediest transfer of information in the context of rapid changes in natural climatic conditions. Indicators of the information function are availability, timeliness of receipt, speed of receiving and processing information, etc.

An innovative function is the need to create and use the latest technology in the transport system. Such technologies are of particular demand in the northern regions due to the harsh natural and climatic conditions, the relevance of reducing transportation costs and the risks of supply disruptions. Among them there are: use of special multi-link road trains of great length; construction of simplified temporary railways to service small mineral deposits; use of methods for construction of the roadbed from materials that are produced during extraction of raw materials at deposits; development of air cushion vehicles; use of amphibious all-terrain vehicles; use of snow and swamp-going vehicles on soils with low bearing capacity, etc. [15]. The innovative component can be estimated by the indicator of the number of innovative projects for the transport system in the northern regions, by the age of the rolling stock in use, by the amount of funding for sectoral research and developmental works.

Institutional function through expressed in effectiveness of legal and organizational mechanisms aimed at implementation of all previously designated functions. It is characterized by effectiveness of legal measures applied in the northern regions, and their adaptability in relation to local conditions.

Integrative function of the transport system manifests itself in spatial development of territories through involvement into economic activities and development of new lands at the meso-level and integration of regional transport systems into a single national system. For the northern regions, integration of the transport system into a single national system is especially significant in terms of their exploration and development. At international level the scale of integration processes is determined by the laws of globalization, on the one hand, and the political situation on the world stage, on the other hand.

Indicators for assessing the function are the number of isolated sections of transport networks and the number of areas that do not have sufficient transport accessibility.

#### **Development opportunities**

The proposed multifunctional approach to assessing the impact of the transport system on development of the region and the country allows, on the one hand, to detail the directions of this influence and further find the possibilities of its mathematical interpretation for each of the functions in question. On the other hand, the new approach will help to develop a strategy for transport systems in the northern regions, taking into account the balanced use of basic and developing functions.

When creating a model for development of the transport system, the aggregate demand for transport services of economic sectors and all interested subjects of the region (population, business, health institutions, emergency services, etc.) is taken into account. Only in this case, it is possible to get the maximum effect from the implemented

system, provided that the aggregate demand for transport services will be equal to the aggregate supply. Assessment of aggregate demand is proposed to be made using the multifunctional model of the transport system of the region. When creating a model accounting for the needs of the northern regions, it is advisable to use the Transportation Network Strategic Investment Tool. It makes it possible, using the functions of geographic information systems, to calculate the optimal transportation costs for various scenarios based on the characteristics of the state of the transport network, transportation rules, types of vehicles [16]. The proposed mathematical model is aimed at optimizing the structure of the transport system of the region basing on distribution of all categories of cargo turnover and other transport services by specific delivery routes, determining the projected demand for transport work and identifying specific projects for the development of a transport system on the basis of the delivery route.

The study showed that transport in the northern regions plays a special role in their development. From the point of view of public administration bodies, expansion of the transport infrastructure resource is a less risky way than other possible growth options [17]. The complexity of assessing the transport accessibility of the northern territories lies in the seasonal availability of routes, which does not allow for calculating their year-round potential with sufficient accuracy [13].

The study revealed certain features and patterns of development of transport systems of the northern regions:

1. Due to the high cost of construction of transport infrastructure (routes, roads) mainly natural transport ways (river, sea routes, winter roads) are used.

2. For delivery of goods, as a rule, several modes of transport are used, requiring storage and transshipment facilities, development of efficient technologies for mixed, intermodal and multimodal transportation.

3. The seasonality of some modes of transport implies the obligatory presence in the transport schemes of delivery of points of accumulation and deposit of goods, which makes impossible the progress of the transport system in isolation from the balanced development of logistics infrastructure facilities.

4. Transportation practices are hampered by the presence of sections of transport networks in the northern regions which are isolated from the common transport system.

5. The distribution of cargo flows along the delivery routes is determined by technical and economic indicators without taking into account assessment of transport risks arising from an insufficient level of development of vehicles [18].

6. Methods for assessing regional transport systems are not applicable to the northern regions due to the lack of year-round availability of transport ways.

These features predetermine the need to develop a special methodology for assessing and forecasting directions of development of the transport system of the northern regions:

- The year-round transport capacity of the transport system should be calculated taking into account seasonality rates, calculated separately for each mode of transport, and in the context of certain sections of the transport network that have the same seasonal accessibility.

- When evaluating multimodal cargo delivery routes, the carrying capacity should be determined by the smallest capacity of a section of this delivery route.

- Evaluation of the transport system can be carried out simultaneously with evaluation of the logistics system, since multimodal routes prevail in the delivery schemes and a mandatory link in the goods delivery chain in the North are storage and deposit points.



• In addition to technical and economic indicators, transport and logistics risks that arise due to the high degree of rolling stock wear and the lagging technical level of the transport infrastructure should be taken into account to compare the efficiency of various delivery technologies.

#### Conclusions and proposals

The results of the study indicate that to assess the state and forecast development of the transport system of the northern regions, it is necessary to have statistical information that the regional statistical service does not collect and provide, including data on the transport work of medical organizations, units of the Ministry of Emergency Situations, that have a demand for transport services in the region. Without this information, it is not possible to estimate aggregate demand and calculate the corresponding costs.

On the basis of accounting of all the factors considered, a mathematical model should be developed for assessing the state of the transport system in a northern region, its multifunctionality and the degree of implementation of each of the main and development functions. On the basis of a mathematical assessment of the state of the transport system, it is necessary to create a dynamic model for the northern regions, which reflects the needs of the aggregate demand for transport services from all stakeholders and in the context of the product mix of cargo flows.

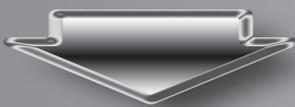
#### REFERENCES

1. Samsonova, I. V., Yarlykapov, A. B. Food provision of the population of the regions of the Far North of Russia [*Prodovol'stvennoe obespechenie naseleniya raionov Krainego Severa Rossii*]. *Ekonomicheskaya politika*, 2016, Iss. 4, pp. 13–18.
2. Mamaev, E. A. Estimation of the potential of the transport and logistics complex of the region [*Otsenka potentsiala transportno-logisticheskogo kompleksa regiona*]. Current problems and prospects of development of transport, industry and economy of Russia: Collection of scientific works [*Aktualnye problemy i perspektivy razvitiya transporta, promyshlennosti i ekonomiki Rossii: Sb. Nauchnykh trudov*]. Moscow, 2018, pp. 341–343.
3. Nikolaev, M. V., Gulyaev, P. V. Modern problems of socio-economic development of the Arctic zone of the Republic of Sakha (Yakutia) [*Sovremennye problemy sotsialno-ekonomicheskogo razvitiya arkticheskoi zony Respubliki Sakha (Yakutiya)*]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2015, Iss. 3, pp. 249–252.
4. Scheme of the integrated development of production forces, transport and energy of the Republic of Sakha (Yakutia) until 2020. Approved by Decree of the Government of the Republic of Sakha (Yakutia) No. 411 of September 6, 2006 [*Skhema kompleksnogo razvitiya proizvodstvennykh sil, transporta i energetiki Respubliki Sakha (Yakutia) do 2020 goda. Uverzhdeno postanovleniem pravitelstva respubliki Sakha (Yakutia) No. 411 ot 06.09.2006*].
5. Granberg, A. G. Basics of regional economics: Textbook [*Osnovy regionalnoi ekonomiki: Uchebnik*]. Moscow, State University Higher School of Economics, 2000, 459 p.
6. Rodrigue, J.-P., Comtois, C., Slack, B. The Geography of Transport Systems, 4<sup>th</sup> ed., exp. and rev. *Routledge*, 2017, 440 p. [Electronic resource]: [https://transportgeography.org/?page\\_id=38](https://transportgeography.org/?page_id=38). Last accessed 09.01.2019.
7. Transport and Regional Development. Goodbody Economic Consultants, Ballsbridge Park, Ballsbridge, Dublin, 70 p. [Electronic resource]: <http://www.irishspatialstrategy.ie/docs/pdf/Transport%20and%20Regional%20Development.pdf>. Last accessed 09.01.2019.
8. Belyaev, V. M., Filippova, N. A. Fundamentals of Transport System Organization in Northern Regions. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 1, pp. 162–167.
9. Filippova, N. A., Efimenko, D. B., Ledovsky, A. A. Efficiency of Transport Processes in the Far North. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 4, pp. 150–159.
10. Kiselenko, A. N., Malashchuk, P. A. Vorkuta Transport Hub: Role in Development of the Arctic. *World of Transport and Transportation*, 2019, Iss. 1, pp. 142–153.
11. Kauppila, J., Thompson, S. Transport Satellite Accounts: Recent Developments. OECD, ITF. Statistical paper, No. 3/2010. [Electronic resource]: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/sp201003.pdf>. Last accessed 09.01.2019.
12. Putignano, C., Montella M. Transport Satellite Accounts: the Italian experience, 54<sup>th</sup> Session 2003, International Statistical Institute, Berlin 13–20 August 2003. [Electronic resource]: [https://www.academia.edu/2289082/Transport\\_Satellite\\_Account\\_a\\_new\\_tool\\_for\\_measuring\\_the\\_transport\\_service](https://www.academia.edu/2289082/Transport_Satellite_Account_a_new_tool_for_measuring_the_transport_service). Last accessed 09.01.2019.
13. Egorova, T. P. Methodological tools for integrated assessment of the transport security of local economic systems in the regions of the North [*Metodicheskiy instrumentariy kompleksnoi otsenki transportnoi obespechennosti lokalnykh ekonomicheskikh sistem v regionakh Severa*]. *Trendy i upravlenie*, 2018, Iss. 1, pp. 14–28. DOI 10.7256/2454–0730.2018.1.24926.
14. Balster, A., Friedrich, H. Dynamic Freight Flow Modelling for Risk Evaluation in Food Supply. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol. 121, Jan. 2019, pp. 4–22. [Electronic resource]: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.03.002>. Last accessed 09.01.2019.
15. Tarasov, P. I. Development of the transport network of the Republic of Sakha (Yakutia) [*Razvitie transportnoi seti Respubliki Sakha (Yakutia)*]. *Arktika i Sever*, 2014, Iss. 17, pp. 65–77.
16. Higgins, A., McFallan, S., Laredo, L., Prestwidge, D., Stone, P. Transit – a model for simulating infrastructure and policy interventions in agriculture logistics: application to the Northern Australia beef industry. *Comput. Electron. Agric.*, 2015, Vol. 114, pp. 32–42. [Electronic resource]: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.03.018>. Last accessed 09.01.2019.
17. Shibata, T., Yano, T., Kosaka, H. The Effect of Transportation System on the Economic Growth of the Japanese Economy 1965–2000: using nine region inter-regional IO model. ERSA conference papers ersa10, 2011. *European Regional Science Association*, 517 p. [Electronic resource]: <https://ideas.repec.org/p/wiw/wiwr/ersa10p517.html>. Last accessed 09.01.2019.
18. Poleshkina, I. O. Evaluation of the effectiveness of food supply of the regions of the Far North of Russia [*Otsenka effektivnosti prodovol'stvennogo obespecheniya raionov Krainego Severa Rossii*]. *Ekonomika regiona*, 2018, Iss. 3, pp. 820–835. ●

Information about the author:

**Poleshkina, Irina O.** – Ph.D. (Economics), associate professor of the department of Transportation organization on air transport of Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia, ipoleshkina@mail.ru.

Article received 09.01.2019, accepted 20.02.2019.



## СЕВЕРНЫЙ ШИРОТНЫЙ ХОД – ПОЛИГОН ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА

В ОАО «РЖД» 2 апреля 2019 года состоялся научно-технический совет по практическим вопросам строительства Северного широтного хода. В нём приняли участие губернатор Ямало-Ненецкого АО Дмитрий Артюхов, руководитель Федерального агентства железнодорожного транспорта РФ Владимир Чепец, представители ПАО «Газпром», компании-концессионера ООО «Северный широтный ход», транспортные учёные, специалисты ОАО «РЖД».

«Новая магистраль придаст дополнительный импульс интенсивному освоению ресурсов Арктического региона и, как следствие, развитию и укреплению экономики России. Более чем на 760 км сократится расстояние, а значит, и сроки доставки грузов с месторождений северных районов Западной Сибири и Тюменской области», – заявил в приветственном слове генеральный директор – председатель правления ОАО «РЖД» Олег Белозёров.

По словам главы ОАО «РЖД», строительство Северного широтного хода ставит перед всеми сторонами целый ряд вызовов, связанных с особыми климатическими условиями в этом регионе.

«Широкое применение должны найти инновационные материалы, обеспечивающие надёжную эксплуатацию при низких температурах. При этом необходимо учитывать долгосрочный прогноз климатических изменений, ведь эта магистраль, уверен, будет работать и в следующем столетии», – сказал Олег Белозёров.

## NORTHERN LATITUDINAL RAILWAY AS A TEST GROUND FOR THE ADVANCED CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

**The Scientific and Technical Council on the Practical Issues of Constructing the Northern Latitudinal Railway met at Russian Railways on April 2, 2019.**

The meeting was attended by Dmitry Artyukhov, Governor of the Yamalo-Nenets Autonomous District, Vladimir Chepets, Head of the Federal Agency of Railway Transport of the Russian Federation, representatives from Gazprom LLC, the company-concessionaire of the Northern Latitudinal Railway, transport experts and Russian Railways specialists.

«The new railway line will lend additional momentum to the intensive development of resources in the Arctic region and, as a result, the development and strengthening of the Russian economy», said Oleg Belozеров, Chief Executive Officer and Chairman of the Board of Russian Railways, in his welcoming speech. «The distance will be reduced by more than 760 km, cutting delivery times for deposits from the northern regions of Western Siberia and the Tyumen region».

According to the head of Russian Railways, the construction of the Northern Latitudinal Railway poses a number of challenges to all the parties involved due to the region's special climatic conditions.

«Innovative materials that work reliably at low temperatures should be widely used. At the same time, the long-term climate change forecast must be taken into account, because I'm convinced that this line will still be working in the next century», said Oleg Belozеров.

Участники совета отметили, что Северный широтный ход оптимально подходит для реализации малолюдных технологий. В частности, новая линия должна быть оснащена самыми современными малообслуживаемыми системами автоматизации, телемеханики и связи, обеспечена надёжным энергоснабжением. Будут разработаны специальные модификации путевых машин для работы в условиях Крайнего Севера.

Концессионное соглашение по созданию железнодорожного Северного широтного хода было подписано в октябре 2018 года. Новая ветка обеспечит значительное сокращение протяжённости транспортных маршрутов от месторождений в северных районах Западной Сибири до портов Балтийского, Белого, Баренцева и Карского морей. Кроме того, реализация проекта СШХ будет способствовать решению проблемы перегруженности существующего южного маршрута, выходящего на Транссиб.

Осуществление проекта обеспечит к 2025 году беспрепятственный пропуск дополнительных объёмов перевозок в размере 23,9 млн тонн в год.

По информации пресс-службы ОАО «РЖД»:  
[http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE\\_ID=654&layer\\_id=4069&refererLayerId=3307&page3307\\_810=3&id=93519](http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=654&layer_id=4069&refererLayerId=3307&page3307_810=3&id=93519) ●

Council members noted that the Northern Latitudinal Railway is optimally suited for the application of technologies requiring low staff levels. In particular, the new line should be equipped with the most modern low-maintenance automation, remote control and communications systems, all of which should be based on a reliable power supply. Track machines with special modifications to enable them to function in the conditions of the Arctic North will be developed.

The concession agreement for the creation of the Northern Latitudinal Railway was signed in October 2018. The new line will result in a significant reduction in the length of transport routes from deposits in the northern regions of Western Siberia to the ports of the Baltic, White, Barents and Kara seas. In addition, the implementation of the NLR project will help to solve the problem of congestion on the existing southern route, which joins up with the Trans-Siberian Railway.

The project's implementation will make possible the unhindered passage of additional traffic volumes amounting to 23,9 million tons per annum by 2025.

Compiled from JSC Russian Railways news:  
[http://eng.rzd.ru/newse/public/en?STRUCTURE\\_ID=15&layer\\_id=4839&refererLayerId=4530&id=107474](http://eng.rzd.ru/newse/public/en?STRUCTURE_ID=15&layer_id=4839&refererLayerId=4530&id=107474) ●





# Глобализация и производительность труда в транспортном комплексе



Наталья ТЕРЁШИНА  
Natalia P. TERYOSHINA

Виктор ПОДСОРИН  
Victor A. PODSORIN



Мария ДАНИЛИНА  
Maria G. DANILINA

*Терёшина Наталья Петровна – доктор экономических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*  
*Подсорин Виктор Александрович – доктор экономических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*  
*Данилина Мария Геннадьевна – кандидат экономических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

**Globalization and Labour Productivity  
in the Transport Sector**  
(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 125)

**В статье рассмотрены проблемы глобализации экономики, особенности её влияния на внутреннюю социально-экономическую политику, выделена роль транспортного комплекса в реализации межгосударственных хозяйственных связей, проведён сравнительный анализ международного опыта (ЕС, США и России) управления производительностью труда на железнодорожном транспорте. Отмечено влияние современных тенденций внедрения новой техники и технологий на изменение структуры персонала компаний. Сделан вывод о том, что темпы роста производительности труда на железных дорогах России в целом выше, чем в других отраслях экономики. Однако это не снимает с повестки дня необходимость продолжать поиск резервов повышения производительности, сообразуясь с влиянием процессов глобализации на экономику, рынок рабочей силы и мотивацию труда.**

**Ключевые слова:** производительность труда, транспортный комплекс, глобализация экономики, структурные сдвиги, рынок рабочей силы, железные дороги мира, международный опыт.

**П**роизводительность труда характеризует результативность затрат труда, уровень развития производительных сил и остаётся одним из ключевых показателей эффективности экономической системы. Но данный показатель является относительным, поскольку измерить производительность достаточно сложно из-за наличия множества способов и параметров измерения, которые дают разные результаты. Этот вопрос постоянно обсуждается учёными – российскими [1, с. 34] и зарубежными [2, с. 57].

Повышение производительности труда проявляется в том, что доля живого труда в изготавливаемой продукции уменьшается, а доля прошлого труда увеличивается, при этом абсолютная величина затрат живого и овеществлённого труда на единицу продукции сокращается. В планировании повышения производительности труда используются абсолютные показатели, характеризующие уровень производительности, и относительные – определяющие динамику её роста.



Важным остается сопоставление уровня производительности труда на международном рынке как базовый метод экономического анализа. Такого рода сопоставления позволяют дать оценку текущего состояния исследуемого объекта, а анализ динамики показателей позволяет сделать выводы о темпах индустриального развития той или иной страны. В конечном счёте появляется база для построения возможных гипотез о будущем, уточняются модели экономического роста.

Состояние мировой экономической системы, нестабильность рыночной конъюнктуры в ближайшие годы останутся источником неопределённости и риска для предприятий и организаций транспортной инфраструктуры в России. Это связано с нерешённостью фундаментальных проблем структурного дисбаланса потребления и накопления, неравномерностью развития экономик разных регионов, несовершенством механизмов регулирования финансовых рынков и потоков капитала, а также с особенностями нынешнего технологического уклада глобальной экономики, сопровождающегося изменением отраслевой структуры, увеличением значимости человеческого капитала для экономического роста.

Наличие столь серьёзных факторов делает проблемы роста производительности труда в транспортном комплексе чрезвычайно актуальными, так как эффективность транспортной инфраструктуры — одно из определяющих условий интенсификации экономического развития страны. При этом правительства многих государств признают важность инфраструктурных вопросов, но в большинстве случаев считают, что участие в рыночном процессе частного сектора само по себе гарантирует высокую производительность без улучшения экономического механизма управления.

Системообразующей составляющей отечественного транспортного комплекса является диверсифицированный холдинг «Российские железные дороги», входящий в мировую тройку лидеров среди железнодорожных компаний. Холдинг реализует масштабные инфраструктурные проекты, направленные на обеспечение стратегического развития основных отраслей и ускорение экономического роста в стране. Тем

не менее далеко не все цели и задачи в полной мере сочетаются и находят воплощение на практике. Истощение резервов экстенсивного роста производительности труда заставляет учёных, инженеров, экономистов, менеджеров исследовать факторы интенсивного и инновационного развития, искать ресурсы повышения конкурентоспособности на мировом рынке [3, с. 115].

Создание благоприятного инвестиционного климата, внедрение современных технологий, модернизация инфраструктуры, обновление подвижного состава, рациональное использование всех видов ресурсов — только в комплексе, всё вместе это поможет росту производительности труда на транспорте.

## **СИСТЕМНЫЙ ОПЫТ КООРДИНИРУЕТСЯ**

Наиболее ценным опытом в управлении производительностью труда в теоретическом и практическом аспектах обладают США, страны Западной Европы и Япония. Системный опыт США в области повышения производительности повлиял на управление этой сферой в Японии и Европе (в частности, Германии) во второй половине XX века. Однако если в США превалировали низкие затраты на производство и высокая покупательная способность при массовом потребительском рынке, то в Японии и Германии было уделено внимание социальному аспекту производительности труда. Японская модель предполагала гарантию занятости, социальное партнёрство, справедливое распределение результатов повышения производительности труда, а опыт европейских стран показывал, что конвергенция финансовой и производственной деятельности способствует росту производительности.

В европейских странах работа по повышению производительности координируется Европейской ассоциацией национальных центров производительности (ЕАНЦП). Координирующая функция ЕАНЦП заключается не только в сборе и обобщении результатов исследования факторов, влияющих на производительность труда, но и в стимулировании передачи инновационных разработок от исследователей практикам, а также в партнёрстве с различными



**Основные измерители производительности труда на железнодорожном транспорте в Европе**

Показатель	Формула	Единица измерения
Производительность труда*	$P_T = \frac{PI_{\text{нетто}}}{\text{Ч}}$	т • км нетто/1 работника
	$P_T = \frac{AI}{\text{Ч}}$	пасс-км/1 работника
	$P_T = \frac{\text{Ч}}{L_{\text{экспл}}}$ ***	кол-во работников/1км эксплуатационной длины
Производительность труда грузового железнодорожного транспорта*	$P_m^{\text{гр}} = \frac{PI_{\text{брутто}}}{\text{Ч}^{\text{гр}}}$	т • км брутто/1 работника
	$P_m^{\text{гр}} = \frac{PI_{\text{нетто}}}{\text{Ч}^{\text{гр}}}$	т • км нетто/1 работника
Производительность труда пассажирского железнодорожного транспорта (в т.ч. высокоскоростного)*	$P_m^{\text{пасс}} = \frac{AI}{\text{Ч}^{\text{пасс}}}$	пасс-км/1 работника
Производительность труда в инфраструктурном комплексе**	$P_m^{\text{инф}} = \frac{NS}{\text{Ч}^{\text{инф}}}$	поездо-км/1 работника

\* Из официального отчёта Европейской экономической комиссии ООН. Комитет по внутреннему транспорту. Рабочая группа по железнодорожному транспорту. Шестидесят шестая сессия. Женева, 8–9 ноября 2012 года. Блок 10 – Производительность на железнодорожном транспорте [7, с. 2].

\*\* Данный показатель используется рядом зарубежных компаний. Например, DB Group.

\*\*\* В российской практике этот показатель трактуется как трудоёмкость.

национальными органами и организациями, особенно с министерствами, профсоюзами, ассоциациями работодателей малых и средних предприятий. Подобный подход реализуется в том числе и Международной организацией труда (МОТ), ставящей своей задачей эффективное использование и самого труда, и таких ресурсов, как капитал, земля, материалы, энергия, информация и время.

В целом следует отметить, что в международной практике при разработке мероприятий по повышению производительности труда учитывается тесная взаимосвязь непосредственно производственных факторов и их социальных (например, уровень занятости) и экологических последствий (например, влияние на окружающую среду) [4, с. 165].

Для международных сопоставлений чаще всего используются такие показатели, как величина валового внутреннего продукта (ВВП) на душу населения, ВВП на одного работающего или на один отработанный час. При этом ВВП на душу населения характеризует в большей мере уро-

вень жизни, а не производительность труда. Второй показатель является более корректным в оценке опосредованно выраженной производительности труда.

Принимая во внимание различия и особенности методологии оценки производительности труда в разных странах, приходится констатировать недостаточно высокий уровень данного показателя в России. Так, по сравнению со странами ЕС, производительность труда в РФ меньше в два раза, а необходимые темпы её прироста не были достигнуты за последние годы. Как следствие, отставание от ЕС увеличилось. При этом отрыв ЕС от некоторых догоняющих стран сократился – например, Китай сократил его до трёх раз, а ведь в 1991 году он составлял более 10 раз [5, с. 9]. По данным Росстата, в 2016 году производительность труда в стране выросла в среднем всего на 0,1 %. В целях повышения конкурентоспособности отечественной экономики для сокращения разрыва в производительности труда между развитыми странами и РФ необходимо обеспечивать ежегодный темп её роста 5–6 %.

## ИЗМЕРИТЕЛИ, УРОВНИ, СРАВНЕНИЕ

В России среди основных факторов, оказывающих влияние на уровень и динамику производительности труда [6, с. 20], принято учитывать:

- общее состояние экономики и потенциал для её динамичного роста;
- конкурентоспособность продукции и структуру ВВП страны;
- степень и скорость внедрения новых технологий;
- соответствие внедряемых технологий текущему или предыдущему технологическому укладу;
- социальную политику государства, поддержку уровня занятости, обеспечения населения рабочими местами, особенно в дотационных регионах.

В российской системе статистического учёта компании фиксируют показатель «производительность труда» в стоимостном выражении. В общем виде при таком подходе производительность труда определяется соотношением выручки в сопоставимом виде к численности персонала. Росстат рассчитывает динамику производительности в сопоставимых ценах на уровне страны, по регионам, а также по 15 укрупнённым видам деятельности. Этот расчёт осуществляется с задержкой на девять месяцев для данных по России в целом и по видам деятельности, на год и три месяца — для данных по субъектам Федерации.

Сейчас разрабатывается новая методика расчёта производительности труда. Для предприятия она будет рассматриваться как добавленная стоимость, поделённая на затраты труда. При этом добавленная стоимость — сумма валовой прибыли и оплаты труда с учётом налогов и страховых взносов, причем ради уменьшения рисков искажения отчётности в расчёт берутся показатели прибыли до налогообложения. Опора на данные, контролируемые ФНС, позволит иметь более достоверные оценки производительности, поскольку налоговая отчётность точнее, чем стандартные статистические формы. Новый методический подход даёт возможность «сквозного счёта»: с уровня отдельного предприятия и до уровня страны в целом. На практике компании осуществляют мониторинг уровня производительности труда в натуральном выра-

жении через отношение объёма выпуска продукции к численности персонала, исключая, таким образом, влияние ценовой конъюнктуры.

В транспортном комплексе, включая железнодорожную отрасль, в качестве натурального показателя используется измеритель «приведённые тонно-километры». Производительность труда работников в общем виде определяется по формуле:

$$ПТ_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m PL_{привij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}},$$

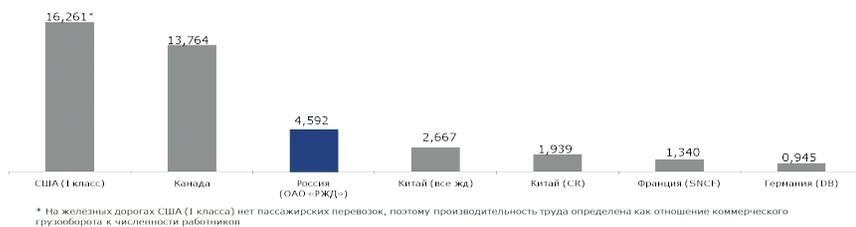
где  $PL_{прив}$  — объём приведённой работы;  
 $Q$  — численность персонала;  
 $i$  — вид транспорта;  
 $n$  — количество видов транспорта;  
 $j$  — компании в  $i$ -м виде транспорта;  
 $m$  — количество компаний.

Подобный методический подход при оценке производительности труда используется применительно к европейским странам [7, с. 2] (таблица 1).

Если оценивать имеющиеся в открытых источниках данные (отчёты компаний, ассоциаций, Международного союза железных дорог, государственных организаций) и определять производительность труда через условно-натуральный показатель (приведённые тонно-километры), то ОАО «РЖД» занимает 3-е место по уровню производительности труда после железнодорожных компаний 1 класса США и Канады, опережая страны Европы, Китай, Японию и др. (рис. 1).

Следует отметить, что для большинства железнодорожных компаний основной измеритель работы — это приведённые т • км. Однако в разных компаниях свои методики его расчёта, что не всегда позволяет сделать прямое сравнение. Для корректного сопоставления производительности труда в ОАО «РЖД» [9] и ведущих международных железнодорожных компаниях исследователи применяют различные способы. Так, в [10, с. 3] предложено использовать коэффициенты корректировок расчётных значений, а в монографии [2, с. 70] — коэффициенты корректировки объёмных показателей ОАО «РЖД» для определения приведённой продукции, полученные на основе экономико-статистического моделирования.





**Рис. 1. Производительность труда работников железных дорог мира и ОАО «РЖД», занятых на перевозочных видах деятельности в 2014 году, млн прив. т\*км/чел [8, с. 10].**

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что уровень производительности труда на железных дорогах Северной Америки выше, чем на российских железных дорогах, даже при приведении к сопоставимым условиям учёта, более чем в 6 раз. Если, однако, учесть объективные, с точки зрения условий работы, различия (так называемые рамочные условия: уровень технической оснащённости, износа основных фондов и др.), то этот разрыв существенно сократится, но все равно останется очень высоким — около 3,5 раз.

## ФАКТОРЫ ПРОГРЕССА И ТОРМОЖЕНИЯ

Работа американских железных дорог в условиях дерегулирования и конкуренции стимулировала как технические и технологические, так и организационные и маркетинговые инновации. Это позволило обеспечить динамичный рост грузооборота при существенном (особенно в первые десять лет после дерегулирования) сокращении контингента [11, с. 203].

С ресурсом как трудовым фактором напрямую связано около 40 % эксплуатационных расходов железнодорожного транспорта. А с учётом затрат на обслуживание рабочих мест, спецодежду, охрану труда и т.п. эта доля приближается к 45 %. Никакой другой производственный ресурс отрасли не характеризуется столь высокой ресурсоёмкостью.

Анализ международного опыта оценки производительности труда на железнодорожном транспорте показал, что в мировой хозяйственной практике, как и в отечественной, производительность труда выступает важнейшим комплексным показателем эффективности деятельности компании. В основе расчётов — объём оказанных услуг в натуральном или денежном измерении,

произведённый одним работником за единицу времени. При разных единицах измерения и учитываемых факторах при оценке производительности труда методология оценки эффективности использования трудовых ресурсов базируется на соотношении полученных результатов и обусловивших их затрат.

Измерение производительности труда — это определение абсолютного уровня и изменения этого уровня за определённый период. Как уже было отмечено, в зависимости от выбора единицы измерения объём произведённой продукции может быть выражен в натуральных, стоимостных или трудовых показателях. Соответственно, различают и методы измерения производительности труда: натуральный, условно-натуральный, стоимостной, трудовой (по нормированному рабочему времени) и индексный (по различным видам продукции, работ, услуг).

В целях использования данных о производительности труда для оценки эффективности деятельности холдинга «РЖД» в качестве приоритетного практикуется расчёт производительности по перевозочным видам деятельности условно-натуральным методом. Стоимостной метод применяется при расширенной номенклатуре продукции (услуг), при этом объём выполненных работ может включать маркетинговую, логистическую, сервисную составляющие.

Основным направлением повышения производительности труда остается снижение численности персонала за счёт внедрения инноваций [1, с. 31].

Внедрение инноваций в наибольшей степени способствует сокращению численности. Так, К. Б. Фрей (Carl Benedikt Frey) и М. Осборн (Michael Osborne) [12, с. 37–38] оценили воздействие технологических изменений по 702 профессиям (от ортопедов до экскурсоводов, от дрессировщиков до личных

**Оценка влияния на производительность труда структурных сдвигов в транспортном комплексе РФ**

	Структура численности, %		Изменение структуры численности, %	Объём приведённой работы (PL), млрд т • км		Производительность труда, тыс. т • км/чел.		Изменение производительности труда транспортного комплекса, тыс. т • км/чел.		
	2014	2015		2014	2015	2014	2015	всего	от производительности	от структуры
<b>Транспорт – всего</b>	100,00	100,00		5080,00	5093,00	1813,44	1843,15	29,71	29,71	–
железнодорожный	25,73	23,72	-2,01	2301,00	2306,00	3192,73	3519,00	13,14	83,94	-70,81
прочий сухопутный	35,87	36,02	0,15	246,80	231,60	245,62	232,72	-4,29	-4,63	0,34
трубопроводный	7,29	7,22	-0,06	2423,00	2444,00	11871,63	12244,49	19,53	27,17	-7,64
водный	2,15	2,13	-0,02	104,00	106,00	1730,45	1802,72	1,24	1,55	-0,31
воздушный	3,23	3,05	-0,18	5,20	5,40	57,40	63,98	0,10	0,21	-0,12

финансовых советников и шлифовщиков паркета). По их мнению, около 47 % от общего числа рабочих мест в США находятся под угрозой. Заработная плата и уровень образования – в явной обратной связи с вероятностью компьютеризации. Вместо сокращения спроса на профессии со средним уровнем дохода, что было трендом последних десятилетий, их модель предсказывает, что в ближайшем будущем компьютеризация приведёт в основном к исчезновению низкоквалифицированных и низкооплачиваемых рабочих мест. Напротив, высококвалифицированные и высокооплачиваемые профессии наименее восприимчивы к цифровому капиталу. Как отмечают исследователи [13, с. 12], рост мультифакторной производительности положительно связан с высококвалифицированной рабочей силой. Однако внешние эффекты такого рода преимущественно ограничиваются отраслями, которые интенсивно используют выпускников университетов. В связи с этим становится очевидно, что уже вскоре следует ожидать структурные сдвиги в пользу высокопроизводительных отраслей.

В таблице 2 приведена оценка влияния на производительность труда структурных сдвигов в транспортном комплексе РФ. Как следует из неё, максимальная производительность в транспортном комплексе приходится на трубопроводный транспорт 12244,5 тыс. т • км/чел. Тем не менее однозначно оценивать взаимовлияние происходящих отраслевых процессов непросто. Повышение производительности транспортного комплекса за счёт повышения производительности труда на железнодорожном транспорте произошло на 83,9 тыс.

т • км, в то же время за счёт изменения структуры наблюдалось снижение производительности труда на 70,8 тыс. т • км. При этом нужно правильно интерпретировать влияние структурных сдвигов. С одной стороны, сокращение численности персонала повышает производительность труда в том или ином виде транспорта, а с другой – то же сокращение численности снижает его долю в общей численности транспортного комплекса, что уменьшает положительное или отрицательное воздействие на производительность комплекса.

В этом аспекте следует с особым пристрастием относиться к структурным сдвигам численности. Есть потребность в развитии высокопроизводительных рабочих мест в транспортном комплексе (как это происходит на специализированном – трубопроводном – транспорте). Но рост их доли будет тормозиться влиянием низкопроизводительных рабочих мест. Отсюда возникает необходимость обращать внимание на те виды транспорта, которые при снижении производительности труда увеличивают долю численности персонала в общей структуре численности работников транспортного комплекса. Как видно из таблицы 2, такими негативными тенденциями обладает автомобильный транспорт: при снижении производительности на 12,9 тыс. т • км/чел. доля численности увеличилась на 0,15 %, что привело к негативному влиянию на производительность труда работников транспортного комплекса на 4,29 тыс. т • км/чел.

Существенными факторами, которые тормозят рост производительности труда, являются:





- высокий износ технических средств, сопровождающийся низкими коэффициентами обновления и выбытия;
- недостаточный уровень инвестиций в обновление основного капитала, что является следствием общего низкого уровня валового накопления в экономике;
- низкий технологический уровень производственных процессов;
- недостаточная мотивация к качественной трудовой деятельности работников, что прежде всего связано с низкой дисциплиной и исполнительностью.

## ВЫВОДЫ

Достигнутый на железнодорожном транспорте уровень производительности труда – результат реализации комплекса мероприятий по внедрению новых технических средств и прогрессивных технологий, созданию высокопроизводительных рабочих мест. При этом оптимизация численности производится за счёт передовой техники и инновационных производственных процессов, структурных и организационных изменений. На железных дорогах внедряются малолюдные и безлюдные технологии. Например, на российской станции Усть-Луга действует комплекс автоматизированных систем, который даёт возможность управлять многопарковой системой из одного диспетчерского центра, а Московское центральное кольцо выстроено на базе цифровых технологий.

В России темпы роста производительности труда на железнодорожном транспорте опережают аналогичные показатели в других отраслях экономики. Однако сохранение высокого уровня требует постоянных усилий, направленных на поиск всё новых резервов.

При этом следует отметить негативное влияние на производительность труда процессов глобализации. Увеличение экспорта сырьевых ресурсов и, в первую очередь, топливно-энергетических способствует росту производительности труда в натуральном выражении, в то

время как в стоимостной форме она снижается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Терёшина Н. П., Подсорин В. А. Экономическое развитие и управление производительностью труда на железнодорожном транспорте: Монография. – М.: МИИТ, 2014. – 129 с.
2. Zumanski T., Lödding H. Integral Analysis of Labor Productivity. – Procedia CIRP. – 2012. – Vol. 3. – pp. 55–60. [Электронный ресурс]: [https://ac.els-cdn.com/S2212827112001837/1-s2.0-S2212827112001837-main.pdf?\\_tid=b4d6f2d0-068e-11e8-9613-00000aacb35e&acdnat=1517407251\\_6bcd8fa275f9e4778c3a79f962e05340](https://ac.els-cdn.com/S2212827112001837/1-s2.0-S2212827112001837-main.pdf?_tid=b4d6f2d0-068e-11e8-9613-00000aacb35e&acdnat=1517407251_6bcd8fa275f9e4778c3a79f962e05340). Доступ 24.01.2019.
3. Терёшина Н. П., Подсорин В. А. Управление инновациями на железнодорожном транспорте: Учебник. – М.: Вера-Инфо, 2012. – 592 с.
4. Lannelongue G., Gonzalez-Benito J., Quiroz I. Environmental management and labour productivity: The moderating role of capital intensity. – Journal of Environmental Management. – 2017. – Vol. 190. – pp. 158–169. [Электронный ресурс]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716309392>. Доступ 24.01.2019.
5. Бодрунов С. Б. Производительность труда в России и в мире. Влияние на конкурентоспособность экономики и уровень жизни // Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ. – 2016 – № 29. [Электронный ресурс]: <http://council.gov.ru/media/files/CQNOp1HscHaTulPa5BYZesqLNqUSQeHw.pdf>. Доступ 24.01.2019.
6. Грачева О. В. Производительность труда: драйверы роста и опыт компаний // Повышение производительности труда на транспорте – источник развития и конкурентоспособности национальной экономики: Труды Национальной научно-практ. конференции. – М.: МИИТ, 2017. – 216 с.
7. Отчёт Европейской экономической комиссии ООН ECE/TRANS/SC.2/2012/5. [Электронный ресурс]: <https://www.unecce.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/sc2/ECE-TRANS-SC2-2012-05r.pdf>. Доступ 24.01.2019.
8. Никитин В. Н. Пути и возможности повышения производительности труда на железнодорожном транспорте // Повышение производительности труда на транспорте – источник развития и конкурентоспособности национальной экономики: Труды Национальной научно-практ. конференции. – М.: МИИТ, 2017. – 216 с.
9. Порядок определения и мониторинга производительности труда работников холдинга «РЖД». Распоряжение ОАО «РЖД» № 1989р от 29.09.2016.
10. 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». – № 2. – 2010. – С. 3–23.
11. Терёшина Н. П., Подсорин В. А., Шаханов Д. А. Ресурсы производительности: опыт США // Мир транспорта. – 2014. – № 2. – С. 202–213.
12. Frey C. V., Osborne M. A. The Future of Employment: how Susceptible are Jobs to Computerisation? September 17, 2013. [Электронный ресурс]: [https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf). Доступ 24.01.2019. ●

Координаты авторов: Терёшина Н. П. – [mtk3403@mail.ru](mailto:mtk3403@mail.ru), Подсорин В. А. – [podsorin@mail.ru](mailto:podsorin@mail.ru), Данилина М. Г. – [Shebety@bk.ru](mailto:Shebety@bk.ru).

Статья поступила в редакцию 24.01.2019, принята к публикации 14.03.2019.

## GLOBALIZATION AND LABOUR PRODUCTIVITY IN THE TRANSPORT SECTOR

*Teryoshina, Natalia P., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Podsorin, Victor A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Daniilina, Maria G., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

While considering globalization of the economy, especially its influence on domestic socio-economic policy, as well as the role of the transport complex in implementation of interstate economic relations, problems of assessing and comparing labour productivity are highlighted.

Comparative analysis of international experience (EU, US and Russia) in the field of labour productivity evaluation for railways is conducted. The influence of modern trends associated with restructuring of

railway industry, introduction of new equipment and technology, their impact on the changes in the structure of the company's staff, is analyzed, particularly at the example of Russian Railways.

It is concluded that the growth rates of labour productivity on the railways of Russia generally outpace the rates of its growth in other sectors of the economy. However, the need persists to continue the search for additional resources able to increase productivity and consistent with the impact of globalization on the economy, labour market and labour motivation.

*Keywords:* labour productivity, transport sector, globalization of the economy, structural changes, labour market, world railways, international experience.

**Background.** *Labour productivity characterizes the productivity of labour costs, the level of development of the productive forces and remains one of the key indicators of the economic system efficiency. But this indicator is relative, since it is rather difficult to measure performance due to the presence of a variety of measurement methods and parameters that give different results. This issue is constantly being discussed by researchers in Russia [1, p. 34] and in most countries [2, p. 57].*

*The increase in labour productivity is manifested in the fact that the share of human labour in manufactured products decreases, while the share of past labour increases, and the absolute cost of human and materialized labour per unit of production decreases. In planning the increase in labour productivity, absolute indicators are used to characterize the level of productivity, and relative ones are used to show the dynamics of its growth.*

*It remains important to compare the level of labour productivity in the international market as a basic method of economic analysis. Such comparisons make it possible to assess the current state of the object under study, and an analysis of the dynamics of the indicators makes it possible to draw conclusions about the pace of industrial development of a particular country. Eventually, a base appears for building possible hypotheses about the future, and models of economic growth are specified.*

*The state of the world economic system, instability of market conditions in the coming years will remain a source of uncertainty and risk for enterprises and organizations of the transport infrastructure in Russia. This is due to unresolved fundamental problems of structural imbalances of consumption and accumulation, uneven development of economies of different regions, imperfect mechanisms for regulating financial markets and capital flows, as well as peculiarities of the current technological structure of the global economy, accompanied by changes in the sectoral structure, increasing importance of human capital for economic growth.*

*The presence of such serious factors makes the problems of productivity growth in the transport sector of economy topical, since the efficiency of the transport infrastructure is one of*

*the defining conditions for intensifying the country's economic development. While recognizing the importance of infrastructure issues, governments of many countries in most cases consider that participation in the market process of the private sector in itself guarantees high productivity without improving the economic management mechanism.*

*The backbone component of the domestic transport complex in Russia is the holding company Russian Railways, which has diversified spectrum of activities and is one of the world's top three railway companies. The holding company carries out large-scale infrastructure projects aimed at ensuring the strategic development of key industries and accelerating economic growth in the country. Nevertheless, not all goals and objectives are fully compatible either are embodied in practice. Exhaustion of reserves of extensive productivity growth makes scientists, engineers, economists, managers explore the factors of intensive and innovative development, look for resources to improve competitiveness in the global market [3, p. 115].*

*Creating a favorable investment climate, introducing modern technologies, modernizing the infrastructure, updating the rolling stock, and rationally using all types of resources, all those conditions taken and satisfied together could facilitate the growth of transport labour productivity.*

**Objective.** *The objective of the authors is to consider system of issues allowing to compare railway labour productivity measurement methods at international level, to analyze them in Russia, and to assess the impact of technological factors.*

**Methods.** *The authors use general scientific methods, economic, comparative, statistical analysis, specific labour productivity assessment tools, mathematical methods.*

### System experience is coordinated

*The United States, Western European countries and Japan have the most valuable experience in management of labour productivity in theoretical and practical aspects. The US systemic experience in productivity is deemed to have a certain influence on management of this area in Japan and Europe (particularly Germany) in the second half of 20<sup>th</sup> century. However, if in the USA low production costs and*



Quantitative rail labour productivity indicators in Europe

Indicator	Formula	Unit of measurement
Labour productivity (high speed – conventional rail)*	$P_L = \frac{PJ_{net}}{N}$	net tonne-km/employee
	$P_L = \frac{AI}{N}$	passenger-km/employee
	$P_L = \frac{N}{L_{oper}}^{***}$	employees/km of network in use
Labour productivity of freight railway transport*	$\Pi_i^{cargo} = \frac{PJ_{gross}}{N^{cargo}}$	gross tonne-km/employee
	$\Pi_i^{cargo} = \frac{PJ_{net}}{N^{cargo}}$	net tonne-km/employee (labour productivity of traffic)
Labour productivity of passenger railway transport (high-speed – conventional rail)*	$P_i^{pass} = \frac{AI}{N^{pass}}$	passenger-km/employee
Labour productivity of infrastructure operation**	$P_i^{inf} = \frac{NS}{N^{inf}}$	train-km/1 employee

\* Based on the report of the Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee. Railway Transport Working Group. Sixty-sixth session. Geneva, 8–9 November 2012. Item 10. Productivity in Rail Transport [7, p. 2].

\*\* This indicator is or was used by a number of companies, for example, by DB Group.

\*\*\* In Russian practice this indicator is interpreted as labour intensity.

high purchasing power prevailed in the mass consumer market, then in Japan and Germany attention was paid to the social aspect of labour productivity. The Japanese model implied job security, social partnership, a fair distribution of the results of productivity increase, and the experience of European countries showed that the convergence of financial and industrial activity contributes to productivity growth.

In European countries, work on improving productivity is coordinated by the European Association of National Productivity Centers (EANPC, <http://www.eanpc.org>). The coordinating function of EANPC consists in collecting and summarizing the results of the study of factors affecting labour productivity, but also in stimulating the transfer of innovations from researchers to practitioners, as well as in promoting partnership with various national bodies and organizations, especially ministries, trade union institutions and employers of small and medium enterprises. A similar approach is being implemented by the International Labour Organization (ILO), which sets as its task the efficient use of labour itself and such resources as capital, land, materials, energy, information and time.

In general, it should be noted that in international practices, when developing measures to increase productivity, the relationship between directly production factors and their social (for example, employment) and environmental consequences (for example, environmental impact) are simultaneously taken into account [4, p. 165].

For international comparisons, indicators such as gross domestic product (GDP) per capita, GDP per employee or per work hour are used most often. At the same time, GDP per capita

characterizes to a greater extent the standard of living, and not labour productivity. The second indicator is more correct in assessing indirectly expressed labour productivity.

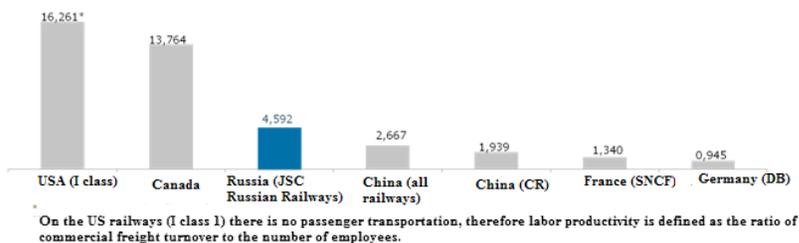
Taking into account the differences and features of the methodology for assessing labour productivity in different countries, we have to admit that the level of this indicator in Russia is not high enough. So, in comparison with the EU countries, labour productivity in the Russian Federation is less than twice, and the necessary rates of its growth have not been achieved in recent years. As a result, the gap with the EU has increased. While the gap with EU of some catching-up countries has reduced – for example, China reduced it to three times, and in 1991 it was more than 10 times [5, p. 9]. According to Russian federal statistical service (Rosstat), in 2016 labour productivity in the country increased on average by only 0,1 %. In order to improve the competitiveness of the domestic economy, in order to reduce the gap in labour productivity between developed countries and the Russian Federation, it is necessary to ensure its annual growth rate of 5–6 %.

#### Indicators, Levels, Comparison

In Russia, the following among the main factors that influence the level and dynamics of labour productivity [6, p. 20], are taken into account:

- general state of the economy and potential for its dynamic growth;
- product competitiveness and the country's GDP structure;
- degree and speed of introduction of new technologies;
- conformity of the implemented technologies to the current or previous technological mode;





**Pic. 1. Labour productivity of workers of the railways of the world and JSC Russian Railways engaged in transportation activities in 2014, million red. t-km/employee [8, p. 10].**

• social policy of the state, supporting the level of employment, providing the population with jobs, especially in subsidized regions.

In the Russian statistical accounting system, companies record the indicator «labour productivity» in value terms. In general terms, using this approach, labour productivity is determined by the ratio in a comparable form of revenue to the number of employees. Rosstat calculates performance dynamics in comparable prices at the country level, by region, as well as by 15 integrated activities. This calculation is carried out with a delay of nine months for data for Russia as a whole and by type of activity, for a year and three months for data for territorial entities of the Russian Federation.

A new method of calculating labour productivity is being developed. For an enterprise, it will be considered as value added divided by labour costs. At the same time, the added value is the sum of gross profit and wages, taking into account taxes and insurance premiums, and, in order to reduce the risks of misstatement of reports, profit indicators before tax are taken into account. Relying on the data controlled by the Federal Tax Service will allow for more reliable estimates of performance, since tax reporting is more accurate than standard statistical forms. The new methodical approach gives the possibility of a «through account»: from the level of an individual enterprise to the level of the country as a whole. In practice, companies monitor the level of labour productivity in physical terms, through the ratio of the volume of output to the number of employees, thus excluding the influence of price conditions.

In the transport sector of the economy, comprising railways, the «reduced ton-kilometers» index is used as a natural indicator. Labour productivity of workers in general terms is determined by the formula:

$$LP_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m PL_{redij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m N_{ij}}$$

where  $PL_{red}$  – volume of work reduced;

$N$  – number of staff;

$i$  – mode of transport;

$n$  – number of modes of transport;

$j$  – companies in the  $i$ -th mode of transport;

$m$  – number of companies.

A similar methodical approach in assessing labour productivity is used in Europe [7, p. 2] (table 1).

If we evaluate the data available in open sources (reports of companies, associations, UIC, public organizations) and determine labour productivity using a semi-natural indicator (reduced tonne-kilometers), then JSC Russian Railways ranks third in terms of labour productivity after the railway companies of the 1st class of the USA and Canada, ahead of the countries of Europe, China, Japan, etc. (Pic. 1).

It should be noted that for most railway companies, the main indicator of work is reduced t-km. However, in different companies there are own methods of calculation, which does not always allow a direct comparison. Researchers use various

**Table 2**

**Assessment of impact of structural changes in the transport complex of the Russian Federation on labour productivity**

	Structure of employment, %		Change in employment, %	PL, bln t-km		Labour productivity, thous. t-km/employee		Change in labour productivity of the transport sector, thous. t-km/employee		
	2014	2015		2014	2015	2014	2015	total	caused by productivity	caused by structure
Transport – total	100,00	100,00		5080,00	5093,00	1813,44	1843,15	29,71	29,71	–
railway	25,73	23,72	-2,01	2301,00	2306,00	3192,73	3519,00	13,14	83,94	-70,81
other land transport	35,87	36,02	0,15	246,80	231,60	245,62	232,72	-4,29	-4,63	0,34
pipeline	7,29	7,22	-0,06	2423,00	2444,00	11871,63	12244,49	19,53	27,17	-7,64
water	2,15	2,13	-0,02	104,00	106,00	1730,45	1802,72	1,24	1,55	-0,31
air	3,23	3,05	-0,18	5,20	5,40	57,40	63,98	0,10	0,21	-0,12



methods to correctly compare labour productivity at JSC Russian Railways [9] and leading international railway companies. So, in [10, p. 3] it is proposed to use the coefficients of adjustment of the calculated values, and in the monograph [2, p. 70] – adjustment coefficients of the volume indicators of JSC Russian Railways for determination of reduced production, obtained on the basis of economic and statistical modeling.

Based on the obtained results, it can be concluded that the level of labour productivity on the railways of North America is higher than on the Russian railways, even when reduced to comparable accounting conditions, by more than 6 times. If, however, we take into account the objective differences in terms of working conditions (the so-called framework conditions: the level of technical equipment, depreciation of fixed assets, etc.), then this gap will be substantially reduced, but it will remain very high – about 3,5 times.

#### **Factors of progress and deceleration**

The work of American railways in conditions of deregulation and competition stimulated both technical and technological, as well as organizational and marketing innovations. This made it possible to ensure a dynamic growth in freight turnover with a significant (especially in the first ten years after deregulation) reduction of the number of employees [11, p. 203].

About 40 % of the operational costs of railway transport are directly related to staff as a labour factor. And taking into account the cost of servicing jobs, clothing, labour protection, etc. this proportion is close to 45 %. No other production resource of the industry is characterized by such high resource intensity.

Analysis of international experience in assessing labour productivity in railway transport has shown that in world and domestic economic practices, labour productivity is the most important comprehensive indicator of effectiveness of a company. The basis of calculation there-of is the volume of services rendered in physical or monetary terms, produced by one employee per unit of time. With different units of measurement and factors taken into account when evaluating labour productivity, the methodology for evaluating efficiency of using labour resources is based on the ratio of the results obtained and the costs that determined them.

The measurement of labour productivity is determination of the absolute level and of the change of this level for a certain period. As already noted, depending on the choice of a unit of measurement, the volume of production can be expressed in physical, value or labour indicators. Accordingly, there are also methods of measuring labour productivity: natural, semi-natural, cost, labour (by normalized working time) and index (by heterogeneous types of products, works, services).

In order to use data on labour productivity to assess performance of Russian Railways, the calculation of productivity of transportation activities by the conventional-natural method is used as a priority tool. The cost method is used with an expanded product range (services), while the volume of work performed may include marketing, logistics, service components.

The main direction of increasing labour productivity remains reduction in the number of personnel through introduction of innovations [1, p. 31].

Innovation is most conducive to reducing number of employees. So, Carl Benedikt Frey and Michael A. Osborne [12, pp. 37–38] estimated the impact of technological changes on 702 professions (from orthopedists to tour guides, from animal trainers to personal financial advisers and parquet grinders). According to them, about 47 % of the total number of jobs in the United States are under threat. Wages and educational attainment are in inverse relation with the likelihood of computerization. Instead of reducing the demand for middle-income professions, which was the trend of the last decades, their model predicts that in the near future, computerization will mainly lead to the disappearance of low-skilled and low-paid jobs. In contrast, highly skilled and highly paid professions are less susceptible to computer capital. As noted by researchers [13, p. 12] the growth of multifactor productivity is positively associated with highly skilled labour. However, external effects of this kind are mainly limited to industries that intensively hire university graduates. In this connection, it becomes obvious that structural shifts in favor of high-performing industries should be expected soon.

Table 2 shows assessment of the impact of structural changes in the transport sector of the Russian Federation on labour productivity.

As can be seen from table 2, the maximum productivity in the transport complex falls on pipeline transport, with the index of 12224,5 thous. t-km/person. Nevertheless, it is not easy to unequivocally assess the mutual influence of the ongoing sectoral processes. The increase in productivity of the transport thanks to increase in productivity in railway transport was at 83,9 thous. t-km, while at the same time, due to a change in the structure of employees, labour productivity decreased by 70,8 thous. t-km. In this case, it is necessary to correctly interpret the influence of structural changes. On the one hand, reduction in the number of employees increases labour productivity in one or another mode of transport, and on the other, the same reduction in the number of employees of a mode of transport reduces the share of that transport mode in the total number of transport employees, neutralizing thus both positive or negative impact on performance of the whole transport sector.

In view of that aspect it is necessary to treat structural shifts in number of employees with particular predilection. There is a need for development of high-performance jobs in transport sector (as it happens within highly particular pipeline transport). Nevertheless, the growth of number of high-performance jobs will be hampered by the influence of low-productivity. Hence the need arises to pay attention to the modes of transport, which, while reducing labour productivity, increase the proportion of the number of employees in the total number of employees in the transport complex. As can be seen from table 2, automobile transport has such negative trends: with a decrease in productivity by 12,9 thous. t-km/employee the share of its employees increased by 0,15 %, which led to a negative impact on labour productivity of

workers of the transport sector by 4,29 thous. t-km/employee.

Significant factors that decelerate the growth of labour productivity are:

- high wear of technical equipment, accompanied by low rates of renewal and disposal;
- insufficient investment in renewal of fixed capital, which is a consequence of the overall low level of gross savings in the economy;
- low technological level of production processes;
- lack of motivation for high-quality work activities of employees, which is primarily associated with low discipline and diligence.

**Conclusions.** The level of labour productivity achieved in railway transport is the result of implementation of a set of measures to introduce new technical means and advanced technologies, and to create high-performance jobs. At the same time, the optimization of the number of the employees is carried out at the expense of advanced technological and innovative production processes, structural and organizational changes. On the railways, minimally manned and unmanned technologies are being introduced. For example, a complex of automated systems operates at Ust-Luga station, which makes it possible to manage the multi-park system from one dispatch center, and Moscow Central Circle [railway line] is designed and operated on the basis of digital technologies.

The growth rates of labour productivity in railway transport of Russia are ahead of those in other sectors of the economy. However, maintaining a high level requires constant efforts to find newer tools and resources.

The negative impact of globalization processes on productivity should be noted. The increase in exports of raw materials and, above all, fuel and energy, contributes to the growth of labour productivity in physical terms, while in value terms it decreases.

## REFERENCES

1. Teryoshina, N. P., Podsorin, V. A. Economic development and labour productivity management in railway transport: Monograph [*Ekonomicheskoe razvitiye i proizvoditelnost' truda na zheleznodorozhnom transporte: Monografiya*]. Moscow, MIIT publ., 2014, 129 p.
2. Czumanski, T., Lödding, H. Integral Analysis of Labour Productivity. *Procedia CIRP*, 2012, Vol. 3, pp. 55–60. [Electronic resource]: [https://ac.els-cdn.com/S2212827112001837/1-s2.0-S2212827112001837-main.pdf?\\_tid=b4d6f2d0-068e-11e8-9613-00000aacb35e&acdnat=1517407251\\_6bcd8fa275f9e4778c3a79f962e05340](https://ac.els-cdn.com/S2212827112001837/1-s2.0-S2212827112001837-main.pdf?_tid=b4d6f2d0-068e-11e8-9613-00000aacb35e&acdnat=1517407251_6bcd8fa275f9e4778c3a79f962e05340). Last accessed 24.01.2019.
3. Teryoshina, N. P., Podsorin, V. A. Management of innovations in railway transport: Textbook [*Upravlenie*

*innovatsiyami na zheleznodorozhnom transporte: Uchebnik*]. Moscow, Vega-Info publ., 2012, 592 p.

4. Lannelongue, G., Gonzalez-Benito, J., Quiroz, I. Environmental management and labour productivity: The moderating role of capital intensity. *Journal of Environmental Management*, 2017, Vol. 190, pp. 158–169. [Electronic resource]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479716309392>. Last accessed 24.01.2019.

5. Bodrunov, S. B. Labour productivity in Russia and in the world. The impact on competitiveness of the economy and the standard of living [*Proizvoditelnost' truda v Rossii i v mire. Vliyanie na konkurentosposobnost' ekonomiki i uroven' zhizni*]. *Analytical Bulletin of the Council of Federation of the Federal Assembly of the Russian Federation*, 2016, No. 29. [Electronic resource]: <http://council.gov.ru/media/files/CQNOp1HscHaTulPa5BYZesqLNqUSQeHw.pdf>. Last accessed 24.01.2019.

6. Gracheva, O. V. Labour productivity: growth drivers and company experience [*Proizvoditelnost' truda: draivery rosta i opyt kompanii*]. In: *Increasing Labour Productivity in Transport – a Source of Development and Competitiveness of the National Economy: Proceedings of the national scientific practical conference*. Moscow, MIIT publ., 2017, 216 p.

7. Report of the Economic Commission for Europe to the UN ECE/TRANS/SC.2/2012/5. [Electronic resource]: <https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/sc2/ECE-TRANS-SC2-2012-05e.pdf>. Last accessed 24.01.2019.

8. Nikitin, V. N. Ways and possibilities of increasing labour productivity in railway transport [*Puti i vozmozhnosti povysheniya proizvoditelnosti truda na zheleznodorozhnom transporte*]. In: *Increasing Labour Productivity in Transport – a Source of Development and Competitiveness of the National Economy: Proceedings of the national scientific practical conference*. Moscow, MIIT publ., 2017, 216 p.

9. The procedure for determining and monitoring labour productivity of employees of the holding Russian Railways. Order of JSC Russian Railways No. 1989r dated 29.09.2016 [*Poryadok opredeleniya i monitoring proizvoditelnosti truda rabotnikov kholdinga RZD. Rasporyazhenie OAO RZD No. 1989r ot 29.09.2016*].

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

11. Teryoshina, N. P., Podsorin, V. A., Shakhanov, D. A. Productivity resources: the U.S. experience. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 2, pp. 202–213.

12. Frey, C. B., Osborne, M. A. The Future of Employment: how Susceptible are Jobs to Computerisation? September 17, 2013. [Electronic resource]: [https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The\\_Future\\_of\\_Employment.pdf](https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf). Last accessed 24.01.2019. ●

Information about the authors:

**Teryoshina, Natalia P.** – D.Sc. (Economics), professor, head of the department of Economics and management in transport of Russian University of Transport, Moscow, Russia, mtk3403@mail.ru.

**Podsorin, Victor A.** – D.Sc. (Economics), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, podsorin@mail.ru.

**Daniilina, Maria G.** – Ph.D. (Economics), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, Shebety@bk.ru.

Article received 24.01.2019, accepted 14.03.2019.





# Система сбалансированных показателей для судоремонтных предприятий



Ольга ЛЕОНОВА

Olga G. LEONOVA

## Balanced Scorecard for Repair Shipyards

(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 139)

**Чтобы достичь успеха в производственной сфере, любому хозяйствующему субъекту необходимо уметь быстро адаптироваться к изменяющимся условиям рынка.**

**Его финансово-экономическая деятельность во многом зависит от оперативности получения информации о факторах, влияющих на результаты как повседневной работы предприятия, так и на достижение долгосрочных стратегических целей. Одним из действенных методов реализации стратегии в приемлемой для конкурентной среды форме является система сбалансированных показателей (Balanced Score Card, BSC). В статье обоснована потребность её внедрения в практику российских судоремонтных предприятий, предложена методика определения ключевых показателей эффективности деятельности с учётом клиентоориентированности бизнес-процессов, целевой мотивации труда и корпоративной психологии персонала.**

*Ключевые слова:* судостроительная промышленность, экономика, система сбалансированных показателей, ключевые показатели эффективности, стратегические цели, финансы, бизнес-процессы, клиенты, персонал.

*Леонova Ольга Геннадьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики водного транспорта Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Санкт-Петербург, Россия.*

**С**удостроение является одной из наиболее значимых промышленных отраслей в экономике Санкт-Петербурга. Деятельность судостроительных и смежных предприятий имеет высокую степень влияния на показатели социально-экономического развития региона. Потенциал отрасли на территории города уникален и включает 43 предприятия, в том числе, восемь по категории «судостроение и судоремонт», с общей численностью занятых более 42 тыс. человек, что составляет около 20 % работающих на обрабатывающих производствах северной столицы. Объём продукции, производимой на судостроительных предприятиях города, около 4 % от валового регионального продукта, там же сосредоточено до 90 % местного отраслевого научного потенциала [1, с. 226].

Приоритетное значение судостроительной промышленности подчёркивается во всех экономических докладах правительственных структур Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Таким образом предприятия и организации, которые обеспечивают конкурентоспособность региона и в существенной мере отвечают за его социально-экономическое развитие, заслуживают особого внимания.

## МЕТОД BSC: НЕ ТОЛЬКО ФИНАНСЫ

Разработка концепции системы сбалансированных показателей (метод BSC или Balanced Scorecard), о которой пойдёт речь в статье, была обусловлена следующими основными причинами:

- потребностью в упрощении и ускорении процесса планирования;
- необходимостью полноценного применения разработанных стратегий;
- неудовлетворённостью руководства организаций системами показателей, основанными на использовании только финансовой информации;
- недовольством менеджмента организаций системой внутрифирменной отчётности, которая зачастую бывает слишком обширной и не привязанной к принятой управленческой схеме;
- необходимостью улучшения отчётности, предоставляемой учредителям и потенциальным инвесторам, путём включения в неё нефинансовых показателей для подтверждения финансовой стабильности;
- потребностью в налаживании процесса согласования целей организации, структурных подразделений и отдельных сотрудников;
- важностью создания условий для более раннего распознавания рисков [2, с. 2].

В 90-х годах прошлого века свою концепцию сбалансированной системы показателей предложили американские исследователи Роберт Каплан и Дэвид Нортон, её целью была комплексная оценка деятельности предприятия с учётом анализа стратегических ориентиров и оперативных показателей. По результатам своих исследований учёные опубликовали выводы, подтверждающие гипотезу о том, что важнейшей проблемой управления деятельностью организации является её ориентированность на финансовые показатели без учёта принятой стратегии. В 1990 году около 50 % из 200 опрошенных ими крупнейших компаний США оценивали производственную деятельность только с помощью финансовых показателей [3, с. 70]. По мнению Р. Каплана и Д. Нортон, стратегия организации должна формироваться с учётом следующих факторов:

1. Выбор рынка, который организация планирует обслуживать.

2. Выбор клиента.

3. Выделение ключевых бизнес-процессов, необходимых для удовлетворения потребностей клиентов.

4. Определение индивидуальных и организационных способностей, которые требуются для достижения целей в названных областях [4, с. 67].

Смысл сбалансированности системы показателей заключается во взаимосвязи оперативных задач со стратегическими целями предприятия. Кроме того, внутренние факторы деятельности организации, такие, как бизнес-процессы и персонал, должны быть сбалансированы факторами внешними, например, изучением потребительских предпочтений и анализом конкурентов. При этом целевые индикаторы (стратегические цели) должны основываться на имеющихся ресурсах, то есть внутренних факторах организации и достигнутых результатах. Также разрабатываемая система сбалансированных показателей должна включать не только объективные оценки, обоснованные количественные результаты финансово-хозяйственной деятельности организации, но и качественные показатели, которые определяются субъективной оценкой.

По всем подсистемам компании, как правило, выделяются в соответствии со стратегией 20–25 показателей. Однако если система сбалансированных показателей свелась бы только к расчёту этих позиций, она бы вряд ли получила столь широкое распространение. Основным условием её применения в корпоративном управлении является их причинно-следственная взаимосвязь. Именно в этом главная проблема разработки сбалансированной системы для предприятия.

В итоге взаимосвязь показателей может выглядеть следующим образом: организация ставит перед собой цель получить определённый финансовый результат, но чтобы его получить, она должна наладить бизнес-процессы, которые ориентированы на работу с потребителями. В свою очередь, это требует определённых навыков и компетенций сотрудников.

Переход от анализа результатов деятельности предприятия к комплексному корпоративному управлению на основе не только отчётности, но и анализа показате-



лей внешней среды, является главной заслугой американских учёных в области исследования метода BSC. Предложенную ими систему целесообразно использовать для прогнозирования деятельности предприятия и обоснования принятия управленческих решений.

С появлением метода BSC анализируются и внешние факторы среды, так как именно от них зависит стратегия организации — ключевое звено системы управления. То есть можно констатировать факт расширения зоны применения систем управленческого учёта для анализа результатов, достигнутых компанией или предприятием.

Имея представление о методе BSC, систему сбалансированных данных можно определить как совокупность показателей, характеризующих деятельность организации с учётом выбранной стратегии и прочих факторов.

Главная цель системы — разработка мероприятий, повышающих конкурентоспособность и финансовую устойчивость компании, и позволяющих осуществлять своевременную диагностику рисков, влияющих на её деятельность. Также хотелось бы отметить комплексность системы управления, которая охватывает все подсистемы организации, а не только финансовую.

Чтобы иметь эффективную систему сбалансированных показателей, организации необходимо определить критерий её оценки. Под критерием эффективности её разработки предлагается понимать максимальную информативность созданной системы в соответствии с поставленными задачами (количество стратегий, подразделений, количество показателей, качественные и количественные их характеристики) и минимально затраченными ресурсами на её создание и поддержание.

При отборе показателей BSC целесообразно соблюдать определённые условия:

- показатели должны рассматриваться в динамике;
- не должны дублировать друг друга;
- следует учитывать отраслевые особенности организации;
- должны отражаться основные риски деятельности;
- используемые показатели предлагают связь со стратегиями организации;

- в совокупности системе предназначено отображать оценку эффективности подсистем организации (человеческий капитал, финансы, производство, маркетинг, управление).

Раз назначение метода BSC заключается в своевременной диагностике рисков, показатели системы обязаны учитывать ключевые факторы, влияющие на деятельность компании. Их называют «ключевые показатели эффективности деятельности» — «key performance indicators (KPI)».

Ключевые показатели обычно определяют на основе анализа деятельности организации, например, финансового анализа и SWOT-анализа.

## СТРАТЕГИЯ И ЗАДАЧИ

В России, в условиях реформирования экономики страны, ориентированной на создание наукоёмких производств, которые призваны обеспечить её конкурентоспособность с одновременным обновлением ключевых отраслей производства, непрерывное совершенствование корпоративного управления становится первостепенной задачей предприятий и организаций [5, с. 45].

Для судостроительных и судоремонтных предприятий метод BSC особенно актуален в силу отраслевых особенностей бизнеса:

- капиталоемкости проектов;
- масштабов деятельности (сложность организационной структуры, количество работ и услуг);
- некоторого отставания в конкурентных преимуществах от мировых лидеров;
- постоянных изменений внешней среды, оказывающей существенное влияние на функционирование предприятий;
- развития рыночных условий функционирования, к которым предприятия не всегда готовы;
- зависимости от государственной поддержки и законодательной базы;
- специфики производственной и финансовой подсистем при наличии длительного операционного цикла;
- прямой зависимости от отраслевых и смежных предприятий (заказы, комплектующие);

- стратегической направленности деятельности предприятий ввиду значимости отрасли в ВВП и ВВП;

- риска роста убытков судоремонтных предприятий.

Система сбалансированных показателей поможет судоремонтным предприятиям сгладить кризисные условия. На её основе руководство и менеджмент предприятий смогут устанавливать плановые показатели, которые будут ориентированы на достижение сформированной стратегии. Такие показатели должны устанавливаться как для структурных подразделений, так и для сотрудников, что позволит контролировать все аспекты деятельности судоремонтного предприятия.

Метод BSC охватывает четыре функциональные области деятельности любого предприятия: финансы, клиенты, внутренние бизнес-процессы, персонал [6, с. 101]. Показатели всех подсистем предприятия уравниваются путём придания каждому показателю определённого веса с целью отражения их вклада в достижение стратегии, а также с помощью анализа действий структурных подразделений и отдельных сотрудников.

Система KPI в большинстве случаев взаимосвязана с системой мотивации сотрудников, в соответствии с которой работники получают материальное вознаграждение при достижении ими конкретных показателей.

Существует множество современных методов, которые дают видоизменённую версию метода BSC, использующую альтернативные классификации функциональных областей и их показателей. Но все они имеют общую черту – система KPI должна определяться, исходя из задач стратегического планирования организации.

Оценка эффективности работы через систему KPI даёт возможность понять, насколько осуществляемые действия способствуют стратегическим целям.

Система KPI предполагает несколько этапов формирования сбалансированных показателей:

1. Определение миссии, стратегических целей, оперативных задач и ценностей компании.

2. Формирование показателей на основе целей и задач.

3. Разбиение стратегических целей компании до уровня оперативных задач подразделений, выбор ключевых показателей.

4. Анализ показателей на соответствие критериям.

5. Определение контрольных значений показателей (индикаторы).

6. Проверка BSC на соответствие стратегическим целям и возможностям компании.

После проведения анализа деятельности предприятия выявляются основные коррелирующие факторы, предлагается их перечень по подсистемам BSC (финансы, клиенты, бизнес-процессы, персонал), устанавливается количественная шкала оценки каждого показателя, характеризующего результаты факторного воздействия.

Критерии показателей предприятие выбирает самостоятельно в зависимости от задач – например, связь со стратегией, количественное выражение оценки, доступность информации, сбалансированность системы.

Под критерием «связь со стратегией» понимается прежде всего соответствие стратегической цели установок и действий управленческой системы.

«Количественное выражение» указывает на возможность получения числового значения при анализе данных и на необходимость помнить, что любую информацию можно нормализовать.

Под «доступностью информации» подразумевается её получение с наименьшими затратами времени, человеческих и прочих ресурсов, без существенных ограничений в режиме пользования.

«Сбалансированность системы» является приоритетным условием при отборе показателей, так как важно проследить их причинно-следственные связи с рассматриваемыми подсистемами предприятия. Чем больше показатель оказывает влияния на подсистемы, тем больше баллов он получит по этому критерию (таблица 1) [7, с. 78].

Присвоение баллов зависит от доступности информации, например, показателю «индекс роста выручки» можно присвоить 8 баллов, так как показатель выручки приведён в отчёте о финансовых результатах,



## Отбор показателей на основе экспертной расстановки баллов

Показатели	Связь со стратегией	Количественное выражение	Доступность информации	Сбалансированность системы	Итого, баллы
<b>Финансы</b>					
Показатель 1					
Показатель 2					
Показатель ...					
Показатель n					
<b>Клиенты</b>					
Показатель 1					
Показатель 2					
Показатель ...					
Показатель n					
<b>Бизнес-процессы</b>					
Показатель 1					
Показатель 2					
Показатель ...					
Показатель n					
<b>Персонал</b>					
Показатель 1					
Показатель 2					
Показатель ...					
Показатель n					
Общая оценка показателей					

но не 10 баллов, так как показатель требует вычислений.

На основе экспертных оценок всех участников опроса выводятся усреднённые значения, которые заполняются в итоговую таблицу. Таким образом, можно оценить в баллах каждый показатель подсистемы организации (по вертикали) по представленным критериям (по горизонтали).

### ЦЕЛЕВЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРІ

Перечень показателей системы должен периодически пересматриваться в зависимости от изменения стратегии предприятия, для чего необходимо постоянно анализировать факторы внешней среды. Корректировки в систему целесообразно вносить по истечении года её использования, так как большинство показателей диагностируется в течение этого срока. Система сбалансированных показателей направлена на достижение долго-

срочных результатов, поэтому оценку её эффективности стоит проводить через несколько лет, чтобы посмотреть все данные в динамике. КРІ можно частично менять при изменении целей, которые зависят от конъюнктуры внешней среды, то есть менять ситуационно.

После этого для каждого показателя выводится результирующее целевое значение (таблица 2).

*Целевые значения* показателей определяются на основе аналогичных данных конкурентов, нормативных актов и индикаторов управленческого учёта. Эти значения, как правило, устанавливает планово-финансовая служба, которая и управляет системой BSC на предприятии.

*Частота обновления* показывает срок анализа полученного результата и актуальности показателя: ежедневно, еженедельно, ежемесячно, ежеквартально, ежегодно.

*Степень надёжности* показателей находят, исходя из трёх оценочных вариан-



**Пример определения результирующих характеристик каждого показателя по стратегическим подсистемам предприятия**

Подсистема	Показатель	Целевое значение	Частота обновления	Степень надёжности	Возможность расчёта
Финансы	Показатель 1				
	Показатель 2				
	Показатель ...				
	Показатель n				
Клиенты	Показатель 1				
	Показатель 2				
	Показатель ...				
	Показатель n				
Бизнес-процессы	Показатель 1				
	Показатель 2				
	Показатель ...				
	Показатель n				
Персонал	Показатель 1				
	Показатель 2				
	Показатель ...				
	Показатель n				

тов: высокая, средняя и низкая. Уровень можно установить по анкете опрошенных экспертов, если есть такой критерий, как доступность информации.

Если полученные значения по степени надёжности имеют низкую экспертную оценку, надо обратить на них особое внимание и предложить меры по повышению ценности показателя для управленческого анализа деятельности компании.

*Возможность расчёта* оценивается с точки зрения вероятности и условий данного действия, в строке пишется «да» или «нет».

Стратегический этап разработки BSC заканчивается на установлении целевого значения, то есть параметра оценки показателя.

На примере проведённого полевого исследования данных ЗАО «Канонерский судоремонтный завод» была составлена таблица 3. Система сбалансированных показателей разрабатывалась с учётом следующей стратегической цели: увеличение конкурентных преимуществ за счёт роста заказов всех видов судоремонта и прочих услуг при обеспечении максимальной загруженности производственных фондов [8].

Выбор ключевых показателей эффективности деятельности предприятия обусловлен основными рисками, выявленными в SWOT-анализе: уменьшением объёмов заказов, снижением квалификации рабочей силы и высокой текучестью кадров, ростом длительности операционного цикла, отсутствием применения эффективных методов управления затратами и капиталом.

Акцент в сфере финансовых показателей предлагается сделать на динамике их изменения, то есть, предлагается использовать индексы, характеризующие отношение фактических показателей к базовым (предыдущего периода).

### **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕРЫ ДЛЯ «КАНОНЕРОВ»**

Если пытаться конкретизировать исследовательские выводы, то руководству Канонерского судоремонтного завода в Петербурге было бы желательно наладить обратную связь с клиентами с целью постоянного контроля качества оказываемых услуг, для этого целесообразно мониторить удовлетворённость заказчиков ремонтом судов по критериям подсистемы «клиенты».



## Целевые значения KPI на Канонерском судоремонтном заводе

Показатели	Целевое значение	Частота обновления	Степень надёжности	Возможность расчёта
<b>Подсистема «Финансы»</b>				
Индекс роста выручки	больше единицы	Год	Высокая	да
Индекс роста себестоимости продаж	меньше единицы	Год	Высокая	да
Индекс роста чистой прибыли в расчёте на одного сотрудника	больше единицы	Год	Высокая	да
Индекс роста эффективности деятельности предприятия	больше единицы	Год	Высокая	да
Соотношение собственных и заёмных средств (финансовый рычаг)	до 3; ежегодно снижать на 0,1, в перспективе до 2	Год	Высокая	да
Рентабельность собственного капитала (показатель крайне важен для собственников)	не менее 10 %	Квартал	Высокая	да
<b>Подсистема «Заказчики (клиенты)»</b>				
Доля рынка по продуктам и географическим сегментам	не менее 30 % по региону, не менее 1 % по стране	Год	Низкая	да
Количество заказов	увеличение на 10 %	Месяц	Высокая	да
Индекс удовлетворённости заказчиков	не ниже имеющегося уровня	Неделя	Средняя	да
<b>Подсистема «Бизнес-процессы»</b>				
Длительность производственного цикла	не более 80 дней	Квартал	Высокая	да
Длительность финансового цикла	не более 20 дней	Квартал	Высокая	да
Длительность операционного цикла	не более 80 дней	Квартал	Высокая	да
<b>Подсистема «Персонал»</b>				
Индекс удовлетворённости персонала	больше 1	Квартал	Средняя	да
Текучесть персонала	не более 10 %	Месяц	Высокая	да
Затраты на обучение или повышение квалификации	увеличение на 10 %	Год	Высокая	да

Анализ длительности циклов производства позволяет учитывать фактор времени, который в данный момент приобретает первостепенное значение. Так как деятельность судоремонтного предприятия диверсифицирована, то и бизнес-процессы на нём имеют разные операционные циклы. Особенностью судоремонтной отрасли является длительность любого из них [9, с. 9]. Предложенные показатели характеризуют эффективность деятельности предприятия как по финансам, так и по производственным процессам.

Показатели подсистемы «персонал» обеспечивают оценку его работы и мотивацию к ней. Движущей силой при этом являются кадры, отвечающие за принятие управленческих решений и их осуществление.

При анализе деятельности предприятия была зафиксирована недостаточно высокая мотивация персонала (основная задача подсистемы «персонал»), обусловленная более низким уровнем заработной платы по сравнению со среднеотраслевыми показателями, текучестью молодых специалистов, дефицитом внутреннего обучения работников.

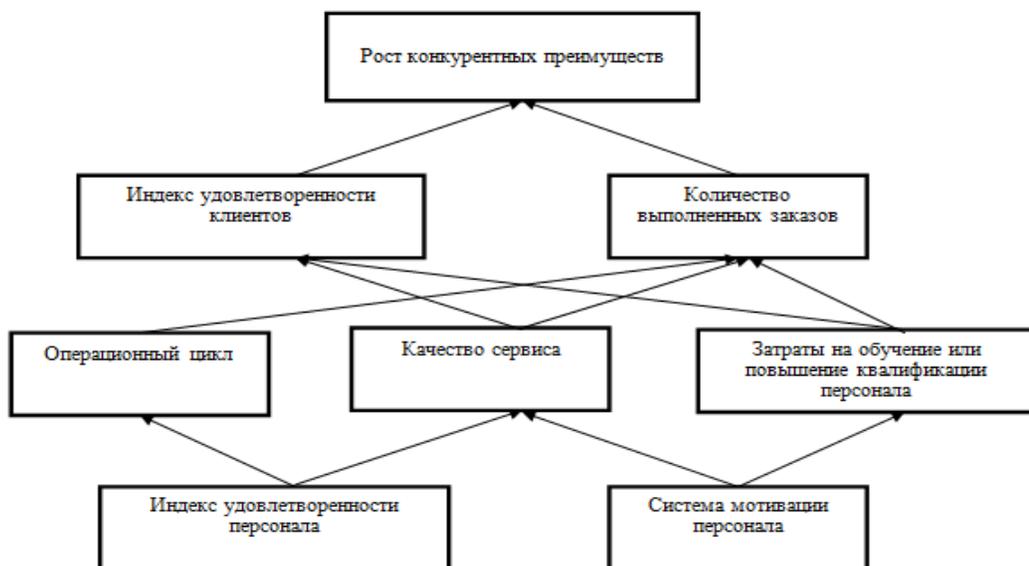


Рис. 1. Часть стратегической карты BSC для Канонерского судоремонтного завода.

Из таблицы 3 видно, что показатель «доля рынка по продуктам и географическим сегментам» имеет относительно низкую степень надёжности, нужны компенсационные меры в соответствии с предлагаемой методикой.

Точно так же, как в названном случае, в рамках каждого установленного показателя рекомендуется разрабатывать меры, которые повысят эффективность достижения целевых значений. Для каждой позиции должны быть определены сроки и бюджет.

Именно в таком ключе, на основании стратегических целей компании и анализа её деятельности, была разработана система KPI для ЗАО «Канонерский судоремонтный завод». Между показателями подсистем BSC существует причинно-следственная связь, её можно увидеть на представленной части стратегической карты судоремонтного предприятия (рис. 1).

Фрагмент стратегической карты подтверждает зависимость стратегии развития судоремонтного предприятия от задач нижнего уровня, от результатов мотивации персонала. В свою очередь, эффективность системы мотивации зависит от её бюджета и проработки. Бюджет предлагаемых мер связан с финансовыми результатами деятельности предприятия,

фактором которых является увеличение количества заказов, клиентской базы.

С научной точки зрения интересна позиция профессора Ю. И. Растовой, которая предлагает рассматривать систему сбалансированных показателей промышленного предприятия, используя системно-динамическое моделирование. В этом случае у судоремонтных предприятий появится возможность оценивать чувствительность целевых показателей к изменению одного или нескольких параметров системы, устанавливать контролируемые пределы вариации KPI, выявлять причины вариации, принимать рациональные управленческие решения. Статистический контроль в стратегическом управлении решает задачи проверки и измерения возможных последствий того или иного альтернативного решения путём моделирования процессов стохастического характера, повышения надёжности системно-динамических моделей и, как следствие, улучшения стратегии предприятия [10, с. 89].

Применение BSC на судоремонтных предприятиях позволит решить следующие задачи:

- обеспечит единство стратегических целей менеджмента и сотрудников;
- наладит коммуникацию подразделений;



- установит взаимосвязь между стратегическими целями компании и текущими задачами;
- позволит объективно оценить эффективность деятельности предприятия и вклад в достижение стратегических целей отдельных подразделений и сотрудников на основе анализа установленных целевых ориентиров;
- повысит эффективность разработки системы мотивации персонала;
- обеспечит полноценный факторный анализ результатов деятельности [11, с. 79; 12 с. 135].

Предполагается, что грамотное внедрение системы сбалансированных показателей в экономическую деятельность ЗАО «Канонерский судоремонтный завод» повысит его эффективность, понизит риски собственников и сотрудников предприятия. Под грамотным внедрением понимается использование современных программных продуктов и методов проектирования при внедрении новых технологий в деятельность судоремонтного предприятия, так как это дорогостоящее решение для крупного бизнеса.

## ВЫВОДЫ

С точки зрения разработки системы сбалансированных показателей для конкретного судоремонтного или судостроительного предприятия важно первоначально проанализировать его деятельность, выявить основные риски. И уже на основе выявленных рисков формулировать задачи по подсистемам предприятия, чтобы они обеспечивали достижение стратегической цели, которая в настоящее время должна отвечать рыночным условиям развития отрасли. В соответствии с поставленными целями по подсистемам предприятия необходимо разработать меры по их достижению и показатели оценки (KPI), а также установить критерии оптимальности для каждого показателя. Для проверки согласованности рекомендуется использовать метод стратегических карт BSC, который отражает причинно-следственную взаимосвязь предложенных мер и критериев их оценки с поставленными задачами по подсистемам и стратегической целью предприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горин Е. А. К вопросу о структуре Петербургского судостроения // Бюллетень науки и практики. – 2017. – № 6. – С. 225–230. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29368487>. Доступ 18.01.2019.
2. Крылов С. И. Сбалансированная система показателей как аналитический инструмент стратегического управления в условиях современной рыночной экономики // Экономический анализ: теория и практика. – 2007. – № 24. – С. 2–10.
3. Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance. – Harvard Business Review. – 1992. – Vol. 70 (1). – pp. 71–79. [Электронный ресурс]: [http://www.pc-freak.net/international\\_university\\_college\\_files/business\\_scorecard/%5BHarvard%20Business%20Review%20-%20January-February%201992%20-%20Kaplan%20&%20Norton%20-%20The%20Balanced%20Scorecard%20-%20Me.pdf](http://www.pc-freak.net/international_university_college_files/business_scorecard/%5BHarvard%20Business%20Review%20-%20January-February%201992%20-%20Kaplan%20&%20Norton%20-%20The%20Balanced%20Scorecard%20-%20Me.pdf). Доступ 18.01.2019.
4. Баранов И. Н. Оценка деятельности организаций: подход Р. Каплана и Д. Нортон // Российский журнал менеджмента. – 2004. – № 3. – С. 63–70. [Электронный ресурс]: [http://ecsocman.hse.ru/data/154/941/1216/x233\\_063\\_070.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/154/941/1216/x233_063_070.pdf). Доступ 18.01.2019.
5. Барабанова М. И., Ветрова И. Ф., Гасанов Г. С. Корпоративное управление: вопросы теории, проблемы практики: Коллективная монография / Под ред. М. В. Мельник, Ю. И. Растовой. – СПб.: СПбГУЭУ, 2017. – 230 с.
6. Иванова В. Г. Элементы сбалансированной системы показателей как средства управления коммерческой организацией // Экономические и гуманитарные науки. – 2013. – № 5. – С. 96–103. [Электронный ресурс]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20303726>. Доступ 18.01.2019.
7. Рожавская М. П. Стратегически ориентированная система бюджетирования организаций морского транспорта / Дис... канд. экон. наук. СПбГУ. – СПб., 2007. – 132 с.
8. Вихров Н. М., Шнуренко А. А. Стратегические преимущества конкурентных стратегий в отраслях // Морской вестник. – 2012. – № 2. – С. 102–109.
9. Туфетулов А. М., Очайкин К. Д. Реструктуризация промышленного предприятия в аспекте стратегического планирования: Коллективная монография. – М.: Научный консультант, 2015. – 169 с.
10. Растова Ю. И. Актуальные вопросы развития современной науки: теория и практика / Научная сессия профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов по итогам НИР за 2017 г. // Сборник лучших докладов. – Санкт-Петербургский государственный экономический университет, 2018. – С. 87–89.
11. Корнева Ж. В., Граб И. С., Ракитина И. С. Развитие институциональной среды привлечения инвестиций инновационного типа // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. [Электронный ресурс]: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/342.pdf>. Доступ 18.01.2019.
12. Ковальчук А. А. Построение системы сбалансированных показателей для предприятий железнодорожного транспорта // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 1 (33). – С. 135–137. [Электронный ресурс]: <http://stsam.irgups.ru/archive>. Доступ 26.03.2019.

Координаты автора: **Леонова О. Г.** – [olga-global@yandex.ru](mailto:olga-global@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 21.01.2019, принята к публикации 26.03.2019.

## BALANCED SCORECARD FOR REPAIR SHIPYARDS

*Leonova, Olga G., Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia.*

### ABSTRACT

To achieve success in the production sphere, any business entity must be able to quickly adapt to changing market conditions. Its financial and economic activities largely depend on speed of obtaining information, besides financial data, about factors influencing the results of both the daily work of the enterprise and achievement of long-term strategic goals. One of the effective methods of implementing the strategy in a form that is acceptable

for a competitive environment is Balanced Score Card (BSC).

The article substantiates the need for its implementation in the practice of Russian repair shipyards, proposes a method for determining key performance indicators considering the customer focused business processes, targeted labour motivation and corporate psychology of personnel.

The suggested model was adapted to the practices of an enterprise, model KPI were proposed and discussed.

*Keywords:* shipbuilding industry, economy, balanced scorecard, key performance indicators, strategic goals, finance, business processes, customers, personnel, employees.

**Background.** Shipbuilding is one of the most significant industrial sectors in the economy of St. Petersburg. The activities of shipbuilding and related enterprises might greatly influence the indexes of social and economic development of the region. The industry's potential in the city is unique and includes 43 enterprises, including 8 in the category «shipbuilding and ship repair», with a total employment of more than 42 thousand people, which is about 20 % of persons employed in the manufacturing industries of the northern Russian capital. The volume of products produced at shipbuilding enterprises of the city, attains about 4 % of the gross regional product, comprises up to 90 % of the local sectoral scientific capacity [1, p. 226].

The priority importance of the shipbuilding industry is emphasized in all economic reports of the government structures of St. Petersburg and Leningrad region. Taking this into account, enterprises and organizations that ensure competitiveness of the region and are responsible for its socio-economic development deserve particular attention.

**Objective.** The objective of the author is to overview and consider different aspects of implementation of Balanced Scorecard for ship repair enterprises.

**Methods.** The author uses general scientific methods, comparative analysis, economic evaluation, statistical method, statistical control, dynamical system modeling, specific BSC and KPI tools.

### Results.

#### BSC method: not only finance

The development of the concept of a balanced scorecard (BSC or Balanced Scorecard method), which is considered in the article, was due to the following main reasons:

- the need to simplify and speed up the planning process;
- the need to fully apply the developed strategies;
- dissatisfaction of the management of organizations with indicator systems based on the use of financial information only;
- dissatisfaction of the management of organizations with the system of intra-company reporting, which is often too extensive and not tied to the accepted management scheme;
- the need to improve the reporting provided to the founders and potential investors of organizations by including non-financial indicators in it to confirm financial stability;

- the need to establish a process for coordinating the goals of the organization, structural units and individual employees;

- the importance of creating conditions for an earlier identification of risks [2, p. 2].

In the 90s of the last century, American researchers Robert Kaplan and David Norton proposed their concept of a balanced scorecard. Their goal was a comprehensive assessment of an enterprise's activities, taking into account the analysis of strategic orientations and operational indicators. The scientists have published conclusions confirming the hypothesis that the most important problem in managing the activities of an organization is its focus on financial indicators without taking into account the adopted strategy. In 1990, about 50 % of the 200 largest US companies surveyed by them evaluated production activities only with the help of financial indicators [3, p. 70]. According to R. Kaplan and D. Norton, the strategy of the organization should be formed taking into account the following factors:

1. Choice of the market that the organization plans to serve.
2. Choice of the customer.
3. Highlighting key business processes required to meet customer needs.
4. Definition of individual and organizational abilities that are required to achieve goals in these areas [4, p. 67].

The meaning of the balance of the system of indicators is interrelation of operational objectives with the strategic goals of the enterprise. In addition, the internal factors of the organization's activities, such as business processes and personnel, must be balanced by external factors, for example, studying consumer preferences and competitor analysis. At the same time, target indicators (strategic goals) should be based on the available resources, that is, the internal factors of the organization and the results achieved. Also, the developed system of balanced indicators should include not only objective assessments, reasonable quantitative results of the financial and economic activities of the organization, but also qualitative indicators, which are determined by subjective evaluation.

For all subsystems of the company, as a rule, 20–25 indicators are assigned in accordance with the strategy. However, if the balanced scorecard would have been reduced only to calculation of these positions, it should never be so widespread. The main condition for its use in corporate governance is the causal relationship of indicators. This is the main



**Selection of indicators based on expert assessment of points**

Indicators	Relationship with strategy	Quantitative expression	Availability of information	Balance of the system	Total points
Finance					
Indicator 1					
Indicator 2					
Indicator ...					
Indicator n					
Clients					
Indicator 1					
Indicator 2					
Indicator ...					
Indicator n					
Business processes					
Indicator 1					
Indicator 2					
Indicator ...					
Indicator n					
Personnel					
Indicator 1					
Indicator 2					
Indicator ...					
Indicator n					
Total assessment of indicators					

problem of developing a balanced system for the enterprise.

As a result, interrelation of indicators may look like this: an organization sets itself a goal of obtaining a certain financial result, but in order to obtain it, it must adjust business processes that are consumers' focused. In turn, this requires certain skills and competencies of employees.

The transition from analyzing the results of an enterprise's activity to integrated corporate governance, not only on the basis of reporting, but also on analyzing the environmental indicators, is the main merit of American scientists in the field of research on the Balanced Score Card method. It is advisable to use the system proposed by them for forecasting the activity of an enterprise and justifying management decisions.

Previously, activity management systems focused only on the internal environment, analyzing the company's financial indicators, and with the advent of the BSC method, external environmental factors are also analyzed, since the organization's strategy, a key element of the management system, depends on them. That is, we can state the fact of expanding the area of application of management accounting systems to analyze the results achieved by a company or an enterprise.

Having an idea of the BSC method, the balanced data system can be defined as a set of indicators characterizing the activities of an organization, taking into account the chosen strategy and other factors.

The main goal of the system is development of measures that increase the competitiveness and financial stability of the company, and the timely diagnosis of risks affecting its activities. I would also like to note the complexity of the management system,

which covers all the subsystems of the organization, not just financial.

To have an effective balanced scorecard, an organization needs to determine the criteria for its assessment. The criterion of efficiency of its development is the maximum information content of the created system in accordance with the tasks (number of strategies, divisions, number of indicators, qualitative and quantitative characteristics) and the minimum resources spent on its development and maintenance.

When selecting BSC indicators it is advisable to comply with certain conditions:

- indicators should be considered in dynamics;
- they should not duplicate each other;
- it is necessary to take into account the features of the organisation, developed because of its belonging to a certain sector of the economy;
- they should reflect the main risks of the activity;
- the indicators used offer a link to the organization's strategies;
- in the aggregate, the system is designed to display an assessment of effectiveness of the organization's subsystems (human capital, finance, production, marketing, and management).

Since the purpose of BSC method is to diagnose risks in a timely manner, system indicators must take into account key factors affecting the company's operations. They are called «key performance indicators of the organization» or «key performance indicators (KPI)».

Key indicators are usually determined on the basis of an analysis of the organization's activities, for example, financial analysis and SWOT analysis.

**Strategy and problems**

In the conditions of reforming the country's economy, focused on creation of knowledge-intensive

industries, which are designed to ensure its competitiveness, while simultaneously renewing key industries, continuous improvement of corporate governance becomes the primary task of enterprises and organizations [5, p. 45].

For shipbuilding and ship repair enterprises, the BSC method is especially relevant due to the industry specific features of the business and the insufficient attention of management to the need to combine the methods of strategic and operational management:

- capital intensity of projects;
- scope of activities (complexity of the organizational structure, number of works and services);
- lag in competitive advantages from world leaders;
- constant changes in the external environment that have a significant impact on functioning of enterprises;
- development of market conditions of operation, to which enterprises are not always ready;
- dependence on government support and legislation base;
- specificity of production and financial subsystems in the presence of a long operating cycle;
- direct dependence on industry and related enterprises (orders, components);
- strategic orientation of the enterprises in view of the importance of the industry in GNP and GDP;
- risks of increase in losses of ship repair enterprises.

Balanced Scorecard will help ship repair companies to mitigate crisis conditions. On its basis, the management of enterprises will be able to establish targets that will be oriented towards achievement of a strategy that has been developed. Such indicators should be established both for structural divisions and for employees, which will allow to control all aspects of the activity of the ship-repair enterprise.

The BSC method covers four functional areas of activity of any enterprise: finance, clients and internal business processes, personnel [6, p. 101]. The indicators of all subsystems of the enterprise are balanced by giving each indicator a certain weight in order to reflect its contribution to achievement of the strategy goals, as well as by analyzing the actions of structural units and individual employees.

The KPI system in most cases is interconnected with the employee motivation system, in accordance with which employees receive material rewards when they achieve specific indicators.

There are many modern methods that develop a modified version of the BSC method, using alternative classifications of functional areas and their indicators. But they all have a common feature – the KPI system should be determined based on the objectives of the organization's strategic planning.

Assessing the effectiveness of the KPI system gives you the opportunity to understand how the implemented actions contribute to the strategic goals.

The KPI system involves several stages of development of balanced indicators:

1. Defining the mission, strategic goals, operational objectives and values of the company.
2. Identification of indicators based on goals and objectives.
3. Breaking up the strategic goals of the company to the level of operational tasks of the divisions, the choice of key indicators.
4. Analysis of indicators for compliance with the criteria.
5. Definition of control values of indicators.

6. Checking BSC for compliance with the strategic goals and capacity of the company.

After analyzing the activities of the enterprise, the main correlating factors are identified, a list of them is proposed by the BSC subsystems (finance, clients, business processes, personnel), a quantitative scale for evaluating each indicator characterizing the results of factorial impact is established.

The enterprise chooses performance criteria independently, depending on the objectives – for example, a connection with the strategy, a quantitative expression of assessment, availability of information, a balanced system.

The criterion «relationship with strategy» is consistency of the strategic goal of attitudes and actions of the management system.

Quantitative expression indicates the possibility of obtaining a numerical value in the analysis of data. And the need to remember that any information can be normalized.

«Availability of information» means its collection with the least amount of time, human and other resources, without significant restrictions in the mode of use.

«Balance of the system» is a priority condition in selection of indicators, since it is important to trace their causal relationships with the subsystems of the enterprise under consideration. The more the indicator affects the subsystems, the more points it will receive by this criterion (Table 1) [7, p. 78].

The assignment of points depends on availability of information, for example, the indicator «revenue growth index» can be assigned 8 points, since the revenue indicator is given in the financial results report, but not 10 points, since the indicator requires calculations.

Based on expert assessments of all survey participants, averaged values are displayed, which are filled in the final table. Thus, each indicator of the organization's subsystem (along the vertical) can be scored according to the criteria presented (horizontally).

#### KPI target values

The list of indicators of the system should be periodically reviewed depending on changes in the strategy of the enterprise, for which it is necessary to constantly analyze environmental factors. It is advisable to make adjustments to the system after a year, since most of the indicators are diagnosed during this particular period. The balanced scorecard is aimed at achieving long-term results, so it's worth assessing its effectiveness in a few years to see all the data over time. KPI can be partially changed when changing goals that depend on environmental conditions, that is, it can be changed situationally.

After that, for each indicator, the resulting target value is displayed (Table 2).

Target values of indicators are determined on the basis of indicators of competitors, regulations and indicators of management accounting. These values, as a rule, are set by the planning and financial service, which controls the BSC system of the enterprise.

Update frequency shows the period of analysis of the result obtained and the possible revision of the indicator: daily, weekly, monthly, quarterly, annually.

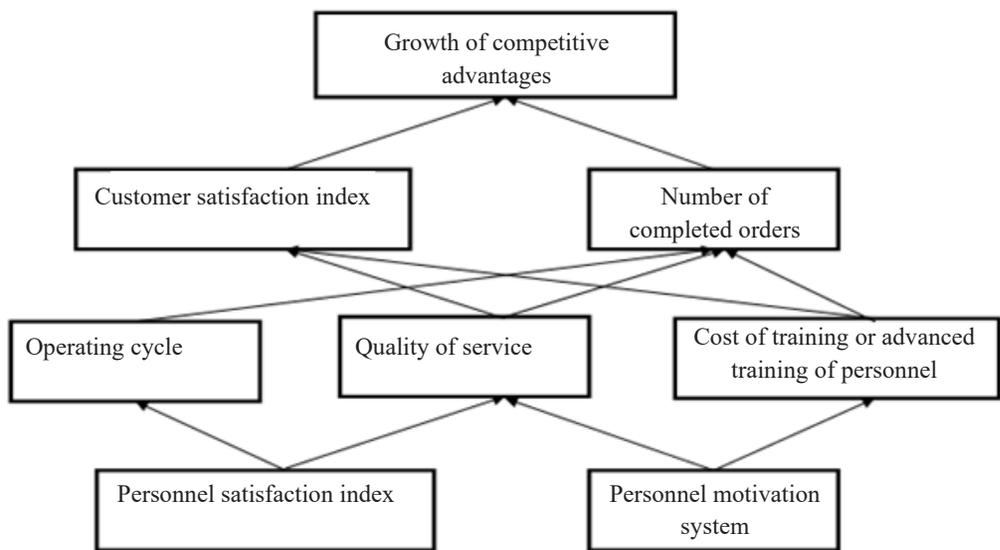
The degree of reliability of indicators is determined through three evaluation options: high, medium and low. The level can be set on the basis of the questionnaire of interviewed experts, if there is such a criterion as availability of information.

When the obtained values for degree of reliability have low expert assessment, it is necessary to pay



**An example of determining the resulting characteristics of each indicator by the enterprise's strategic subsystems**

Subsystem	Indicator	Target value	Update frequency	Degree of reliability	Possibility of calculation
Finance	Indicator 1				
	Indicator 2				
	Indicator ...				
	Indicator n				
Clients	Indicator 1				
	Indicator 2				
	Indicator ...				
	Indicator n				
Business processes	Indicator 1				
	Indicator 2				
	Indicator ...				
	Indicator n				
Personnel	Indicator 1				
	Indicator 2				
	Indicator ...				
	Indicator n				



**Pic. 1. Part of the BSC strategic map for Kanonersky Ship Repair Plant.**

special attention to them and propose measures to increase the value of the indicator for management analysis of the company.

The criterion «possibility of calculation» is assessed in terms of the likelihood and conditions of the given action, «yes» or «no» is written.

The strategic stage of development of BSC ends with establishment of a target value, that is, an indicator evaluation parameter.

Using the example of a field study of data of CJSC Kanonersky Repair Shipyard, table 3 was compiled. The balanced scorecard system was developed taking into account the following strategic goal:

increasing competitive advantages through to the growth of orders for all types of ship repair and other services, while ensuring maximum utilization of production assets [8].

The choice of key performance indicators of the enterprise takes into account main risks identified in SWOT-analysis: decrease in the volume of orders, a decrease in qualifications of the workforce and a high turnover of personnel, an increase in duration of the operating cycle, the lack of effective methods of managing costs and capital.

The emphasis in the field of financial indicators is proposed to be made on the dynamics of their change,



Table 3

## KPI target values at Kanonersky Repair Shipyard

Indicators	Target value	Update frequency	Degree of reliability	Possibility of calculation
Subsystem «Finance»				
Revenue growth index	more than unit	Year	High	yes
Growth rate of cost of sales	less than unit	Year	High	yes
Net profit growth index per employee	more than unit	Year	High	yes
Index of growth in efficiency of the enterprise	more than unit	Year	High	yes
Ratio of own and borrowed funds (financial leverage)	Up to 3; annually reduce by 0,1, in the perspective up to 2	Year	High	yes
Return on equity (an indicator is extremely important for owners)	not less than 10 %	Quarter	High	yes
Subsystem «Customers (clients)»				
Market share by product and geographical segments	not less than 30 % by region, not less than 1 % by country	Year	Low	yes
Number of orders	increase by 10 %	Month	High	yes
Customer satisfaction index	not lower than the current level	Week	Average	yes
Subsystem «Business processes»				
Duration of the production cycle	not more than 80 days	Quarter	High	yes
Financial cycle duration	not more than 20 days	Quarter	High	yes
Operating cycle duration	not more than 80 days	Quarter	High	yes
Subsystem «Personnel»				
Personnel satisfaction index	more than 1	Quarter	Average	yes
Personnel turnover	not more than 10 %	Month	High	yes
Expenses for training or advanced training	increase by 10 %	Year	High	yes

that is, it is proposed to use indices characterizing the ratio of actual indicators to basic ones (of the previous period).

#### Promising measures for «cannoners»

While summarizing research conclusions it is advisable for the management of Kanonersky Repair Shipyard to establish customer feedback in order to continuously monitor the quality of services provided, for this purpose it is advisable to monitor customer satisfaction with ship repairs according to the criteria of the «clients» subsystem.

Analysis of duration of production cycles allows to take into account the time factor, which is currently of paramount importance. Since the activity of the ship repair enterprise is diversified, business processes within it have different operating cycles. A feature of the ship repair industry is duration of any of them [9, p. 9]. The proposed indicators characterize the efficiency of the enterprise both in finance and in production processes.

Indicators of the «personnel» subsystem provide an assessment of its work and motivation for it. The driving force here is the personnel responsible for making management decisions and their implementation.

In analyzing the activities of the enterprise, it was found that motivation of the personnel is not sufficiently high (though it is the main task of «personnel» subsystem). This is due to lower wages than in the whole industry; young specialists' turnover; deficiency in on-job training.

From table 3 it can be seen that the indicator «market share by products and geographical segments» has a low degree of reliability;

compensation measures are needed in accordance with the proposed methodology.

In the same way as in the above case, it is recommended to develop measures within each established indicator that will increase the effectiveness of achieving the target values. For each position time frame and budget should be determined.

In this vein, on the basis of the company's strategic goals and analysis of its activities, KPI system was developed for CJSC Kanonersky Repair Shipyard. There is a causal relationship between the indicators of the BSC subsystems, it can be seen on the presented part of the strategic map of the ship-repair enterprise (Pic. 1).

A fragment of the strategic map confirms the dependence of the development strategy of the ship-repair enterprise on the tasks of the lower level, on the results of personnel motivation. In turn, the effectiveness of the motivation system depends on its budget and development. The budget of the proposed measures is related to the financial results of the company, that depend on an increase in the number of orders, on the expansion of customers' base.

From a scientific point of view, the position of professor Yu. I. Rastova is of interest. She proposes to consider the system of balanced indicators of an industrial enterprise using dynamic system modeling. In this case, ship repair enterprises will be able to assess sensitivity of targets to changes in one or more parameters of the system, to establish controlled limits for KPI variation, to identify the causes of variation, to make rational management decisions. Statistical control in strategic management



solves the tasks of checking and measuring the possible consequences of an alternative solution by simulating processes of a stochastic nature, increasing reliability of dynamic system models and, as a result, improving an enterprise strategy [10, p. 89].

The use of BSC at repair shipyards will allow solving the following tasks:

- to ensure the unity of strategic objectives of management and employees;
- to establish good communication between the units;
- to develop the relationship between strategic goals of the company and current objectives;
- to allow an objective assessment of effectiveness of the enterprise and its contribution to the achievement of the strategic goals of individual departments and employees based on the analysis of established targets;
- to increase efficiency of staff motivation system development;
- to provide a full factor analysis of the results of activities [11, p. 79; 12 p. 135].

It is assumed that competent implementation of the balanced scorecard system in the economic activity of CJSC Kanonersky Repair Shipyard will increase its efficiency, reduce the risks of owners and employees of the enterprise. The competent introduction means the use of modern software products and design methods for introduction of new technologies into the activities of the ship repair company, as this is an expensive solution for large businesses.

**Conclusion.** From the point of view of developing a balanced scorecard system for a particular ship repair or shipbuilding enterprise, it is important to initially analyze its activities and identify the main risks. Then on the basis of identified risks it is possible to formulate the tasks for the subsystems of the enterprise so that they ensure achievement of the strategic goal, which currently must meet the market conditions of development of the industry. In accordance with the goals set by the enterprise subsystems, it is necessary to develop measures for their achievement and assessment indicators (KPI), as well as to set the criteria of optimality for each indicator. To check the consistency, it is recommended to use the BSC strategic maps method, which reflects the causal relationship between the proposed measures and the criteria for their evaluation with the objectives set for the subsystems and the strategic goal of the enterprise.

## REFERENCES

1. Gorin, E. A. On the issue of the structure of Petersburg shipbuilding [*K voprosu o strukture Peterburskogo sudostroeniya*]. *Bulleten' nauki i praktiki*, 2017, Iss. 6, pp. 225–230. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29368487>. Last accessed 18.01.2019.
2. Krylov, S. I. Balanced Scorecard as an analytical tool for strategic management in the conditions of a modern market economy [*Sbalansirovannaya sistema pokazatelei kak analiticheskii instrument strategicheskogo upravleniya v usloviyakh sovremennoi rynochnoi ekonomiki*].

*Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*, 2007, Iss. 24, pp. 2–10.

3. Kaplan, R. S., Norton, D. P. The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance. *Harvard Business Review*, 1992, Vol. 70 (1), pp. 71–79. [Electronic resource]: [http://www.pc-freak.net/international\\_university\\_college\\_files/business\\_scorecard/%5BHarvard%20Business%20Review%20-%20January-February%201992%20-%20Kaplan%20%20Norton%20-%20The%20Balanced%20Scorecard%20-%20Me.pdf](http://www.pc-freak.net/international_university_college_files/business_scorecard/%5BHarvard%20Business%20Review%20-%20January-February%201992%20-%20Kaplan%20%20Norton%20-%20The%20Balanced%20Scorecard%20-%20Me.pdf). Last accessed 18.01.2019.
4. Baranov, I. N. Evaluation of organizations: the approach of R. Kaplan and D. Norton [*Otsenka deyatelnosti organizatsii: podkhod R. Kaplana i D. Nortona*]. *Rossiiskiy zhurnal menedzhmenta*, 2004, Iss. 3, pp. 63–70. [Electronic resource]: [http://ecsocman.hse.ru/data/154/941/1216/x233\\_063\\_070.pdf](http://ecsocman.hse.ru/data/154/941/1216/x233_063_070.pdf). Last accessed 18.01.2019.
5. Barabanova, M. I., Vetrova, I. F., Gasanov G. S. Corporate governance: theory questions, practice problems: A collective monograph [*Korporativnoe upravlenie: voprosy teorii, problemy praktiki*]. Ed. by M. V. Melnik, Yu. I. Rastova. St. Petersburg, SPbGEU, 2017, 230 p.
6. Ivanova, V. G. Elements of a balanced scorecard as a means of managing a commercial organization [*Elementy sbalansirovannoi sistemy pokazatelei kak sredstva upravleniya kommercheskoi organizatsiei*]. *Ekonomicheskii i gumanitarnye nauki*, 2013, Iss. 5, pp. 96–103. [Electronic resource]: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20303726>. Last accessed 18.01.2019.
7. Rozhavskaia, M. P. Strategically oriented budgeting system of organizations of maritime transport: Ph.D. (Economics) thesis [*Strategicheskii orientirovannaya sistema byudzhetirovaniya organizatsii morskogo transporta. Dis... kand. ekon. nauk*]. SPbGU, St. Petersburg, 2007, 132 p.
8. Vikhrov, N. M., Shnurenko, A. A. Strategic advantages of competitive strategies in the industries [*Strategicheskie preimushchestva konkurentnykh strategii v otraslyakh*]. *Morskoy Vestnik*, 2012, Iss. 2, pp. 102–109.
9. Tufetulov, A. M., Ochaikin, K. D. Restructuring of an industrial enterprise under the aspect of strategic planning: a Collective Monograph [*Restrukturizatsiya promyshlennogo predpriyatiya v aspekte strategicheskogo planirovaniya: Kollektivnaya monografiya*]. Moscow, Nauchnyi konsultant, 2015, 169 p.
10. Rastova, Yu. I. Actual issues of development of modern science: theory and practice [*Aktualnie voprosy razvitiya sovremennoi nauki: teoriya i praktika*]. Scientific session of the faculty, researchers and graduate students on the basis of research in 2017. Collection of the best reports. St. Petersburg State University of Economics, 2018, pp. 87–89.
11. Korneva, Zh. V., Grab, I. S., Rakitina, I. S. Development of the institutional environment for attracting innovative investments [*Razvitie institutsionalnoi sredy privilecheniya investitsii innovatsionnogo tipa*]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2014, Iss. 6. [Electronic resource]: <http://www.science-education.ru/pdf/2014/6/342.pdf>. Last accessed 18.01.2019.
12. Kovalchuk, A. A. Building a Balanced Scorecard for railway enterprises [*Postroenie sistemy sbalansirovannykh pokazatelei dlya predpriyatii zheleznodorozhnogo transporta*]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie*, 2012, Iss. 1 (33), pp. 135–137. [Electronic resource]: <http://stsam.irgups.ru/archive>. Last accessed 26.03.2019. ●

Information about the author:

**Leonova, Olga G.** – Ph.D. (Economics), associate professor at the department of Water transport economics of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, St. Petersburg, Russia, [olga-global@yandex.ru](mailto:olga-global@yandex.ru).

Article received 21.01.2019, accepted 26.03.2019.



## РЕКОРДНЫЙ РЕТРО-ПАРАД

**20** апреля 2019 года более 250 тысяч человек приняли участие в праздновании 120-летия московского трамвая. 25 марта (по старому стилю) 1899 года состоялось торжественное открытие, а на следующий день было запущено регулярное движение. Начал действовать первый электрический парк на Башиловке. Трамваи курсировали от Бутырской Заставы до Петровского парка. Прокатиться на них можно было, заплатив за билет 6 копеек.

Трамвай сейчас – второе по популярности после метро средство передвижения москвичей, а до середины XX века он вообще был главным транспортом российской столицы. Сегодня в Москве действуют 45 трамвайных маршрутов, по которым ходят более

девятисот вагонов. Каждую неделю около 1,5 млн жителей столицы пользуются этим надёжным и экологичным видом городского транспорта.

Парад трамваев – уникальное мероприятие, где можно своими глазами увидеть инновационные и исторические модели, зайти в них, посидеть и всё доступное понажимать и пооткрывать.

По традиции трамвайные вагоны разных времён проехали по центральным улицам города, а затем направились к Чистопрудному бульвару, где развернулась выставка старинного транспорта под открытым небом.

Внимание москвичей и гостей города представили 19 вагонов – больше, чем на парадах прошлых лет. По традиции на линию вышли трамваи, выпущенные в конце XIX века,



а также в 1908–1930-х годах. Всё это – раритетные экспонаты из музея ГУП «Мосгортранс». В этом году к колонне впервые присоединились довоенный прицепной вагон серии «С», воссозданный силами Сокольнического вагоноремонтно-строительного завода Мосгортранса, а также два трамвая Татра Т3 – пассажирский и поливомоечный. Гости также увидели легендарную конку XIX века, вагоны «Ф» 1908 года выпуска, «КМ» и «КП» – 1930-х годов. Кроме этого, посетителям показали ретровагоны КТМ-1 и КТП-1, восстановленные по образцам 1948 года. Рядом с каждым вагоном посетителей встречали экскурсоводы в одежде той эпохи, которой принадлежал экспонат.

Первый такой парад состоялся в 2014 году. Он тоже был приурочен к юбилею – 115-летию трамвайного движения в городе. «В этом году старинные вагоны посмотрело рекордное число горожан... Спасибо всем жителям столицы за такой тёплый приём. Мы также выражаем благодарность городским службам и местным органам власти за содействие в проведении мероприятия. Уверен, никто не остался равнодушным», – сказал заместитель мэра Москвы по вопросам транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Максим Ликсутов.

**По материалам Мэрии Москвы  
и Мосгортранса**  
<http://www.mosgortrans.ru> ●



## RETRO TRAM PARADE BREAKS RECORDS

**M**ore than 250,000 visitors attended the events marking the 120<sup>th</sup> anniversary of Moscow tram on April 20, 2019.

The Moscow tram was inaugurated on March 25, 1899 (Julian calendar) and March 26 marked the start of regular service. First «electric» depot was situated in Bashylovka district. Trams started running between Butyrskaya Zastava and Petrovsky Park. The fee was 6 kopecks per trip.

Tram is now second popular mode of urban transit in Moscow behind metro, but till mid-20<sup>th</sup> century it had occupied leading positions. More than 1,5 mln

Muscovites use weekly 45 routes and more than 900 coaches of this safe and ecologically friendly transport.

The tram parade is a unique event when one can see vintage and innovative trams, enter them, take a seat, push and open whatever they want.

Vintage tram coaches passed through Moscow downtown streets, and then arrived at Chistoprudny Boulevard where the tram exposition took place.

This year, 19 vintage and modern tram coaches participated in the parade, that is more than in previous years. Continuing the tradition, the coaches of 19<sup>th</sup> century



as well as the coaches manufactured in 1920–1930s were represented. All of them are part of the exhibits of Mosgortrans [Moscow city transport enterprise] museum.

A pre-war S-series trailer car, reconstructed at the Sokolnichesky car manufacturing and repair facility of Mosgortrans, and Tatra T3 passenger carriage and a street-washer could be seen for the first time at the parade. The guests also admired a legendary horse-drawn carriage of the 19<sup>th</sup> century, F cars built in 1908, and KM and KP cars of the 1930s. Besides, KTM-1 and KTP-1 vintage tram cars, rebuilt in conformity with models of late 1940s, were exhibited.

The guides wearing cloths and uniforms of the time when this or that

coach was in service, welcomed the visitors.

The tram parade has been held in Moscow since 2014.

«The Moscow tram turns 120. This year, the record-breaking number of citizens have viewed the vintage tram cars. I would like to thank all Moscow residents for the warm welcome. We also express our gratitude to the municipal services and local authorities for their assistance. I'm sure nobody remained indifferent», said Deputy Moscow Mayor, Head of the Moscow Department of Transport and Road Infrastructure Development Maxim Liksutov.

**Compiled from the information of Moscow Mayor and Moscow city transport department Web-sites and <http://www.mosgortrans.ru> ●**



**ТОРГОВЫЙ  
ФЛОТ 146**

*Построение мультимодальной транспортно-логистической системы вокруг водных путей.*

**ГОРОДСКОЕ  
ПРОСТРАНСТВО 154**

*Что общего между оценкой качества транспортного обслуживания и евклидовым расстоянием?*

**МЕГАПОЛИСЫ 166**

*Дальние маршруты железных дорог сделают остановку в пригородах.*

**ЛОГИСТИКА  
АВТОПЕРЕВОЗОК 176**

*Восемь спиц управленческого колеса.*

**ВИЗУАЛИЗАЦИЯ  
ТРАНСПОРТНЫХ  
ЗАДАЧ 190**

*Распределённая геометрическая информация: структура, алгоритмы хранения и передачи.*

**СТАНДАРТЫ 198**

*От Библейских истоков... Новейшая история и иерархия российских стандартов транспортной документации.*

**MERCHANT  
MARINE 146**

*Building multimodal transport and logistics system focusing on waterways.*

**URBAN  
ENVIRONMENT 154**

*What do assessment of the quality of transport services and Euclidean distance have in common?*

**MEGALOPOLISES 166**

*Long distance trains will make a stop in suburban area.*

**LOGISTICS  
OF ROAD  
HAULAGE 176**

*Eight cogs of the management wheel.*

**VISUALIZATION  
OF TRANSPORT  
PROBLEMS 190**

*Distributed geometric information: data structure, storage and transmission algorithms.*

**STANDARDS 198**

*Starting from Biblical foundations... Contemporary history and hierarchy of Russian transport documentation standards.*





# Расчёт потребности во флоте для транспортно-логистической системы



Душита КУЛАПАТ  
Dushita KULAPAT

Алексей БОЙКОВ  
Alexey V. BOYKOV



*Кулапат Душита* – аспирант кафедры управления судном Московской государственной академии водного транспорта – филиала Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Москва, Россия.  
*Бойков Алексей Викторович* – кандидат технических наук, доцент, декан факультета судовождения Московской государственной академии водного транспорта – филиала Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, Москва, Россия.

## Calculation of the Need in Merchant Fleet for the Transport and Logistics System

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 150)

**В статье представлена транспортно-логистическая система (ТЛС) с маршрутами, проходящими через морские и речные бассейны, которая призвана расширить возможности перевозок. С помощью таких мультимодальных путей страна получит транспортную сеть с гораздо большей пропускной способностью, что обеспечит устойчивые темпы роста региональной экономики. Авторами решается задача разработки методических подходов к обоснованию потребности во флоте, адаптированных к условиям перевозки автопоездов на паромов ро-ро типа с появлением дополнительных морских транспортных магистралей. Выполнен расчёт потребностей для грузовой линии ТЛС с использованием морских и речных судов.**

**Ключевые слова:** транспортно-логистическая система, грузовая линия, паромы ро-ро типа, автопоезд, мультимодальная перевозка, экономико-математическая модель, прибыль, потребность во флоте.

**В** судовых компаниях при формировании структуры перевозок грузов составной частью эксплуатационно-экономических обоснований является определение потребности во флоте. От научно-методического подхода к решению этого вопроса зависят расходы на его содержание и издержки на перевозку грузов.

В актуальных работах [1, с. 24–26; 2, с. 75–100; 3, с. 3–6; 4, с. 25–27] рассмотрена организация паромно-транспортных логистических систем с использованием внутренних водных путей (ВВП).

Цель исследования, проводимого авторами статьи, заключается в решении задачи разработки методических подходов к обоснованию потребности во флоте, адаптированных к условиям перевозки автопоездов на паромов ро-ро типа на морских и внутренних водных магистралах в рамках транспортно-логистической системы (ТЛС) с применением мультимодальных технологий.

Предлагаемая ТЛС позволит сформировать водную коммуникацию в составе существующих (внутренние водные пути) и новых схем (морские пути) доставки



Таблица 1

## Возможности использования флота

№	ГЛ (порт отправления и порт назначения)	Участки ГЛ			z-е типы паромов для морского участка ГЛ				z-е типы паромов для внутреннего водного участка ГЛ			
		$\alpha_j$	$u_j$	$v_j$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$
1		1	0	1	1	0	...	1	1	0	...	0
2		1	1	0	0	1	...	0	1	1	...	0
3		1	1	1	1	0	...	1	0	1	...	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n		1	1	0	0	0	...	0	0	0	...	0

Таблица 2

## Принятие решений

№	ГЛ (порт отправления и порт назначения)	Участки ГЛ			z-е типы паромов для морского участка ГЛ				z-е типы паромов для внутреннего водного участка ГЛ				Автомобильная перевозка
		$\alpha_j$	$u_j$	$v_j$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$	
1		1	0	1	1	0	...	0	1	0	...	0	0
2		1	1	0	0	1	...	0	1	0	...	0	0
3		1	1	1	0	0	...	1	0	0	...	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n		1	1	0	0	0	...	0	0	0	...	0	1

грузов с целью сокращения сухопутной части маршрута перевозки. ТЛС будет выполнять три варианта организации перевозок: первый вариант – паромами по морским путям и автопоездами по автотрассам; второй вариант – паромами по морским и внутренним водным путям и автопоездами по автотрассам; третий вариант – паромами по внутренним водным путям и автопоездами по автотрассам.

Грузовая линия (ГЛ), входящая в состав ТЛС, может включать как внутренние водные, так и морские пути, расположенные в рамках маршрута перевозки грузов.

Эффективность автомобильной перевозки  $j$ -й ГЛ определяется коэффициентом  $\alpha_j$  [5, с. 91].

При  $\alpha_j = 1$  перевозка автопоезда выполняется  $j$ -й ГЛ.

При  $\alpha_j = 0$  перевозка в рамках ТЛС по  $j$ -й ГЛ неэффективна и доставка грузов осуществляется автопоездом по автотрассе.

Если  $\alpha_j = 1$ ,  $u_j = 1$  и  $v_j = 1$ , то используется  $j$ -я ГЛ с морскими и внутренними водными участками, где  $u_j$  и  $v_j$  – переменные, показывающие наличие морского и внутреннего водного участков  $j$ -й ГЛ.

Если  $\alpha_j = 1$ ,  $u_j = 1$  и  $v_j = 0$ , то используется  $j$ -я ГЛ с морскими участками.

Если  $\alpha_j = 1$ ,  $u_j = 0$  и  $v_j = 1$ , то используется  $j$ -я ГЛ с внутренними водными участками.

Для оценки эффективности автомобильной перевозки вводится ограничение с помощью коэффициента  $\beta_j$ .

При  $\beta_j = 1$  автомобильная перевозка на  $i$ -м маршруте более эффективна, чем мультимодальная перевозка с помощью  $j$ -й ГЛ.

При  $\beta_j = 0$  автомобильная перевозка на  $i$ -м маршруте менее эффективна, чем мультимодальная перевозка с помощью  $j$ -й ГЛ [5, с. 91].

Прибыль ТЛС выбирается в качестве функции цели экономико-математической модели ТЛС по всем грузовым линиям с оптимизацией [6, с. 121; 7, с. 50]:

$$\left( \sum_{j=1}^n \Pi_j^{\Gamma L(M)} \cdot u_j + \sum_{j=1}^n \Pi_j^{\Gamma L(P)} \cdot v_j \right) \alpha_j \Rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $\Pi_j^{\Gamma L(M)}$  – прибыль судоходной компании, эксплуатирующей  $j$ -ю ГЛ, состоящую из морских путей;  $\Pi_j^{\Gamma L(P)}$  – прибыль судоходной компании, эксплуатирующей  $j$ -ю ГЛ, состоящую из внутренних водных путей.

Решение задач по организации ТЛС иллюстрирует таблица 1. В ней показаны  $z$ -е типы паромов, которые могут быть использованы для морского и внутреннего водного участков ГЛ и призваны обеспечить прибыль.



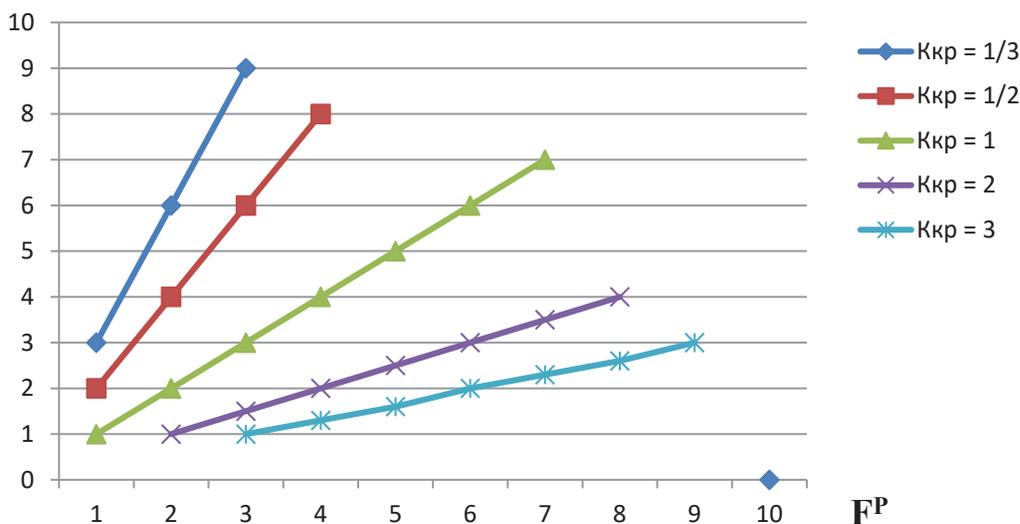


Рис. 1. Потребности во флоте по морскому  $F^M$  и речному участкам  $F^P$  в зависимости от значений коэффициента кругового рейса  $k_{кр}$ .

При возможности использования нескольких паромов на одной ГЛ выбирается один тип парома, обеспечивающий максимальную прибыль, согласно функции цели (1).

На основании этого получена таблица 2, которая показывает принятие решений по выбору варианта организации перевозки с использованием морского и внутренних водных участков ГЛ и выбору типа парома с максимальной прибылью при перевозке.

В таблице 2 столбец «Автомобильная перевозка» при  $\beta_j = 1$  показывает, что ни один из существующих типов паромов не может быть использован на  $j$ -й ГЛ, перевозка осуществляется автопоездом.

Таблица 2 называет тип паромов, обеспечивающих максимальную прибыль, а необходимое количество требуемых паромов на ГЛ в зависимости от объёмов перевозок грузов (автопоездов) не определяет.

Данная задача является актуальной в связи с объединением морского и внутреннего водного участков грузовой линии в единую водную магистраль.

Конечной целью расчёта характеристик ГЛ является определение потребности во флоте  $F$  [8, с. 96]:

$$F^{M(P)} = f \cdot t_{кр}^{M(P)} (1 + k_{рез}) = \frac{t_{кр}^{M(P)}}{t_{II}} (1 + k_{рез}), \text{ ед. суд., (2)}$$

где  $F^{M(P)}$  – потребность во флоте для морского (речного) участка ГЛ;  $f$  – частота

отправления паромов;  $t_{кр}^{M(P)}$  – время кругового рейса для морского (речного) участка ГЛ;  $k_{рез}$  – резерв флота.

Точное значение потребности во флоте  $F^{M(P)}$  рассчитывается по типам паромов для конкретных грузовых линий через значения продолжительности кругового рейса ГЛ морского и внутреннего водного участков.

Отношение времени кругового рейса внутреннего водного участка ко времени кругового рейса морского участка ГЛ обозначим через коэффициент кругового рейса  $k_{кр}$ :

$$k_{кр} = t_{кр}^P / t_{кр}^M = F^P / F^M. \quad (3)$$

Коэффициент кругового рейса показывает потребность во флоте для ГЛ по типам паромов для морского и внутреннего водного участков (при условии одинаковой загрузки автопоездами) [7, с. 51].

Например, если  $k_{кр} \approx 1$ , то следует иметь один паром  $z$ -го типа на морском участке и один паром  $z$ -го типа на внутреннем водном участке.

Если  $k_{кр} \approx 2$ , то на морском и внутреннем водном участках ГЛ требуются соответственно один паром и два парома  $z$ -го типа.

Потребности во флоте ГЛ для морского участка  $F^M$  и внутреннего водного участков  $F^P$  в зависимости от коэффициента кругового рейса  $k_{кр}$  показаны на рис. 1.



Величина коэффициента кругового рейса  $k_{кр}$  при использовании морского и внутреннего водного участков определяется  $z$ -м типом парома, его загрузкой и объёмом перевозок грузовой линии за расчётный период.

Предложенный методический подход к выбору потребностей во флоте для ТЛС позволяет:

- выполнить оценку возможности применения конкретного типа парома для перевозки по морским и внутренним водным участкам грузовых линий с помощью таблицы 1;
- принять решение по выбору паромов, определить план перевозок и получить оптимальное решение потребности во флоте, используя таблицу 2;
- определить потребность во флоте по типам паромов для участков грузовой линии (морского и внутреннего водного), используя значение коэффициента кругового рейса  $k_{кр}$ .

Таким образом, авторами статьи обоснован и разработан методический подход к выбору потребности во флоте. Он адаптирован к условиям перевозки автопоездов на паромов ро-ро типа и учитывает появление дополнительных морских транспортных магистралей. Предложенный методический подход должен обеспечить оперативность расчётов потребности во флоте

для ТЛС с использованием морских и внутренних водных (речных) путей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Зарещкая Е. В., Жаворонков В. А., Митрошин С. Г. Паромно-транспортная логистическая система как рациональный способ перевозки грузов // Речной транспорт (XXI век). – 2016. – № 4. – С. 23–26.
2. Митрошин С. Г. Организация паромно-транспортных логистических систем (на примере Волжско-Камского бассейна) / Дис... канд. техн. наук. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2010. – 159 с.
3. Митрошин С. Г. Использование паромно-транспортных логистических систем как элемента инновационного развития речного транспорта // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2009. – № 2. – С. 3–6.
4. Минеев В. И., Ефремов Н. А., Костров В. Н., Энтин В. Л., Митрошин С. Г. Инновационные технологии – основа развития речного транспорта в XXI веке // Речной транспорт (XXI век). – 2009. – № 6. – С. 25–27.
5. Кулапат Д., Фомин В. Г. Организация логистических паромно-транспортных систем для перевозки грузов на морских и внутренних водных путях // Современное состояние и перспективы развития транспортной системы России: Сб. трудов II-й научно-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА, 2016. – С. 90–93.
6. Кулапат Д., Фомин В. Г. Экономико-математическая модель функционирования логистических паромно-транспортных систем с участием морского и внутреннего водного транспорта // Аспирант. – 2016. – № 9. – С. 119–123.
7. Бойков А. В., Фомин В. Г., Кулапат Д. Принцип работы транспортно-логистической системы (ТЛС) с участием морской и речной коммуникации // Речной транспорт (XXI век). – 2018. – № 1. – С. 49–51.
8. Малышкин А. Г. Показатели оценки работы речного грузового флота: примеры и задачи / Учеб. пособие. – Н. Новгород: ВГАВТ, 2012. – 100 с.

Координаты авторов: **Кулапат Д.** – koolaput@gmail.com, **Бойков А. В.** – boykovalexey@bk.ru.

Статья поступила в редакцию 10.12.2018, принята к публикации 04.05.2019.



# CALCULATION OF THE FLEET NEED FOR THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM

**Kulapat, Dushita**, Moscow State Academy of Water Transport – branch of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Moscow, Russia.

**Boykov, Alexey V.**, Moscow State Academy of Water Transport – branch of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Moscow, Russia.

## ABSTRACT

The article considers the transport and logistics system (TLS) with routes passing through sea and river basins, which is designed to enhance the possibilities of transportation. With the help of such multimodal routes, the country will receive a transport network with much greater throughput, which will ensure sustainable growth rates of the

regional economy. The authors solve the problem of developing methodological approaches to justifying the need for the fleet, adapted to the conditions of transportation of road trains on ferries of ro-ro type following the emergence of new sea transport routes. A model calculation of the need for a fleet for a cargo line of TLS using sea and river vessels is provided.

**Keywords:** transport and logistics system, cargo line, ferries of ro-ro type, road train, multimodal transportation, economic and mathematical model, profit, need for the fleet, sea and inland waterways.

**Background.** Shipping companies while developing structure of freight transportation consider the need for the fleet as an integral part of operation and economic substantiation of further activities. The expenditure for fleet's maintenance and the cost of cargo transportation depend on the scientific and methodological approach to solution of that problem.

In current works [1, pp. 24–26; 2, pp. 75–100; 3, pp. 3–6; 4, pp. 25–27] aspects of organization of the ferry transport logistics systems, which involve inland waterways (IWW) are considered.

**Objective.** The objective of the authors is to provide methodological approach to the substantiation of the need for fleet that will account for transportation of road train by ferries of ro-ro type by sea and inland land routes, within the transport and logistics system using multimodal technology.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach, graph construction, mathematical methods.

## Results.

The suggested transport and logistics system (TLS) will allow to build a water route consisting of existing (inland water ways) and new itineraries (sea routes) of goods delivery with the objective to reduce the land part of transportation route.

The TLS will ensure three possible variants of organization of transportation using, respectively:

- trucks (road trains) on federal highways and ferries on the sea routes;
- trucks on federal highways, ferries on the sea routes and on inland waterways;
- trucks on federal highways and ferries on IWW.

Cargo line (CL) within TLS may include any IWW and sea routes, located within the boundaries of the route of goods transportation.

The effectiveness of carriage by road using  $j$ -th CL is determined by the coefficient  $\alpha_j$  [5, p. 91].

If  $\alpha_j = 1$ , then road train transportation is performed by the  $j$ -th CL.

**Table 1**

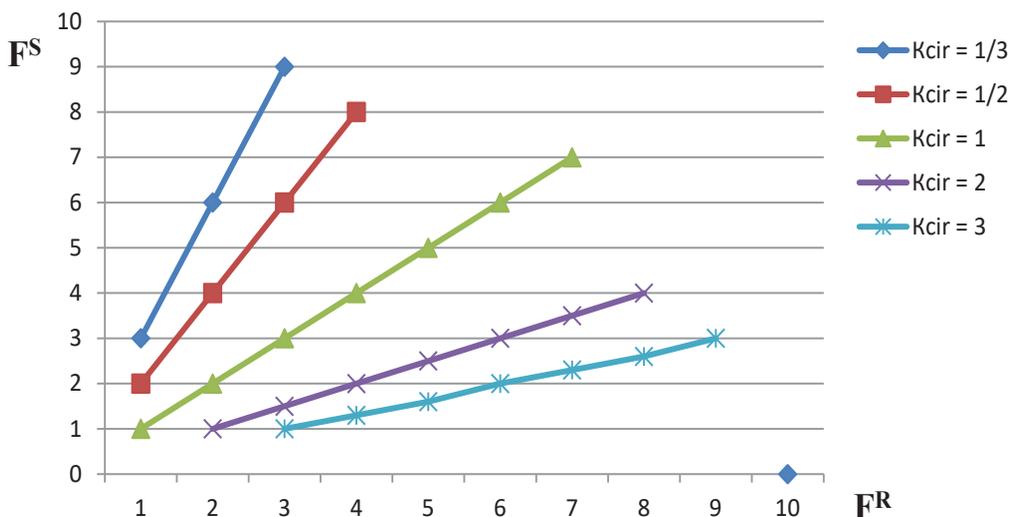
### Fleet use options

No.	CL (port of departure and port of destination)	Section of CL			z-th types of ferries for a sea section of CL				z-th types of ferries for an inland water section of CL			
		$\alpha_j$	$u_j$	$v_j$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$
1		1	0	1	1	0	...	1	1	0	...	0
2		1	1	0	0	1	...	0	1	1	...	0
3		1	1	1	1	0	...	1	0	1	...	1
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n		1	1	0	0	0	...	0	0	0	...	0

**Table 2**

### Making decisions

No.	CL (port of departure and port of destination)	Sections of CL			z-th types of ferries for a sea section of CL				z-th types of ferries for an inland water section of CL				Carriage by road $\beta_j$
		$\alpha_j$	$u_j$	$v_j$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$	$z_1$	$z_2$	...	$z_k$	
1		1	0	1	1	0	...	0	1	0	...	0	0
2		1	1	0	0	1	...	0	1	0	...	0	0
3		1	1	1	0	0	...	1	0	0	...	1	0
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
n		1	1	0	0	0	...	0	0	0	...	0	1



**Pic. 1. The need for fleet for a sea  $F^S$  and a river section  $F^R$  depending on the values of the circular voyage coefficient  $k_{cir}$ .**

If  $\alpha_j = 0$ , then transportation within the TLS along the  $j$ -th CL is considered as non-effective and delivery of goods is performed by a road train on a highway.

If  $\alpha_j = 1$ ,  $u_j = 1$  and  $v_j = 1$ , then the  $j$ -th CL with sea and inland water sections is used, where  $u_j$  and  $v_j$  are variables, which show the presence of sea and inland water sections of the  $j$ -th CL.

If  $\alpha_j = 1$ ,  $u_j = 1$  and  $v_j = 0$ , then the  $j$ -th CL with sea sections is used.

If  $\alpha_j = 1$ ,  $u_j = 0$  and  $v_j = 1$ , then the  $j$ -th CL with inland water sections is used.

To assess the efficiency of carriage by road, a constraint is introduced using the coefficient  $\beta_j$  [5, p. 91].

If  $\beta_j = 1$ , then road transportation on the  $i$ -th route is more efficient than the alternative multimodal transportation using the  $j$ -th CL.

If  $\beta_j = 0$ , then road transportation on the  $i$ -th route is less efficient than the alternative multimodal transportation using the  $j$ -th CL [5, p. 91].

The profitability of TLS is chosen as a function of the objective of the economic-mathematical model of a TLS for all cargo lines using optimization solution [6, p. 121; 7, p. 50]:

$$\left( \sum_{j=1}^n P_j^{CL(S)} \cdot u_j + \sum_{j=1}^n P_j^{CL(R)} \cdot v_j \right) \alpha_j \Rightarrow \max, \quad (1)$$

where  $P_j^{CL(S)}$  – profit of a shipping company operating the  $j$ -th CL, consisting of sea routes;

$P_j^{CL(R)}$  – profit of a shipping company operating the  $j$ -th CL, consisting of inland waterways.

Table 1 illustrates the solution of TLS organization tasks. It shows the  $z$ -th types of ferries that can be used for sea and inland water sections of CL and bring profit.

If it is possible to use several ferries on one CL, a single type of ferry is selected that provides maximum profit, according to the objective function (1).

The Table 2 was developed on that basis, to show decision-making process regarding the choice of the method of transportation using sea and inland water sections of CL and of the type of ferry that provides maximum profit.

The column «Carriage by road» with  $\beta_j = 1$  shows that none of the proposed types of ferries can be used

on the  $j$ -th CL, transportation is carried out by a road train.

Table 2 is focused on the type of ferries that provides maximum profit, and does not determine the required number of ferries for a CL, as that depends on the volume of cargo transportation (and respective required number of road trains).

This task is relevant in connection with unification of the sea and inland water sections of a cargo line into a single water main line.

The ultimate goal of calculating the characteristics of CL is to determine the need for the fleet  $F$  [8, p. 96]:

$$F^{S(R)} = f \cdot t_{cir}^{S(R)} (1 + k_{res}) = \frac{t_{cir}^{S(R)}}{t_i} (1 + k_{res}), \quad \text{unit vessels}, \quad (2)$$

where  $F^{S(R)}$  is the need for fleet for sea (river) section of CL;

$f$  – frequency of ferries departure;

$t_{cir}^{S(R)}$  – time of a circular voyage for sea (river) section of CL;

$k_{res}$  – fleet reserve.

The exact value of the need for the fleet  $F^{S(R)}$  is calculated according to the types of ferries for specific cargo lines in terms of duration of the circular voyage of CL of sea and inland water sections.

The ratio of time of a circular voyage on the inland water section to time of a circular voyage on the sea section of CL is denoted by the coefficient of the circular voyage  $k_{cir}$ :

$$k_{cir} = t_{cir}^r / t_{cir}^s = F^R / F^S. \quad (3)$$

The circular voyage ratio shows the need for fleet for CL by type of ferries for sea and inland water sections (assuming the same load with road trains) [7, p. 51].

For example, with  $k_{cir} \approx 1$ , one should have one ferry of the  $z$ -type on the sea section and one ferry of the  $z$ -type on the inland water section.

If  $k_{cir} \approx 2$ , one ferry and two ferries of  $z$ -th type are required, respectively, for the sea and inland water sections of CL.

The need for fleet of CL for the sea section  $F^S$  and the inland water section  $F^R$  are shown in Pic. 1.

The value of the circular voyage coefficient  $k_{cir}$  when using the sea and inland water sections is





determined by the  $z$ -th type of a ferry, its loading and the transportation volume of a cargo line for the calculated period.

**Conclusion.** The shown methodological approach to selection of the fleet for TLS allows:

- to assess the possibility of using a particular type of a ferry for delivery of cargoes by sea and inland water sections of cargo lines using Table 1;
- to make a decision on choice of ferries, to adjust a transportation plan, to obtain the optimal result of calculations of the need for the fleet, using Table 2;
- to determine, taking into account the coefficient of circular voyage  $k_{cir}$ , the need for the fleet for a cargo line by types of ferries for sections of a cargo line (sea and inland water sections).

The authors of the article so have justified and developed methodological approach to the selection of the fleet. It is adapted to the conditions of transportation of road trains on ro-ro type ferries and considers the emergence of additional sea transport routes. The proposed methodological approach should provide the sufficient expediency of the calculation of the need for the fleet for TLS using the sea and inland water (river) routes.

## REFERENCES

1. Zaretskaya, E. V., Zhavoronkov, V. A., Mitroshin, S. G. Ferry transport logistics system as a rational way of cargo transportation [*Paromno-transportnaya logisticheskaya sistema kak ratsionalniy sposob perevozki gruzov*]. *Rechnoy transport (XXI vek)*, 2016, Iss. 4, pp. 23–26.
2. Mitroshin, S. G. Organization of ferry-transport logistic systems (on the example of Volga–Kama basin). Ph.D. (Eng) thesis [*Organizatsiya paromno-transportnykh logisticheskikh sistem (na primere Volzhsko-Kamskogo basseina)*]. Dis... kand. tekhn. nauk]. N. Novgorod, VГАVТ, 2010, 159 p.

3. Mitroshin, S. G. The use of ferry-transport logistic systems as an element of innovative development of river transport [*Ispolzovanie paromno-transportnykh logisticheskikh sistem kak elementa innovatsionnogo razvitiya rechnogo transporta*]. *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dalnego Vostoka*, 2009, Iss. 2, pp. 3–6.

4. Mineev, V. I., Efremov, N. A., Kostrov, V. N., Entin, V. L., Mitroshin, S. G. Innovative technologies as the basis for development of river transport in 21<sup>st</sup> century [*Innovatsionnie tekhnologii – osnova razvitiya rechnogo transporta v XXI veke*]. *Rechnoy transport (XXI vek)*, 2009, Iss. 6, pp. 34–39.

5. Kulapat, D., Fomin, V. G. Organization of logistic ferry-transport systems for carriage of goods on sea and inland waterways [*Organizatsiya logisticheskikh paromno-transportnykh sistem dlya perevozki gruzov na morskikh i vnutrennikh vodnykh putyakh*]. In: *Current state and development prospects for the transport system of Russia: Proceedings of 2<sup>nd</sup> scientific and practical conferences of students, Ph.D. students and young scientists*. Irkutsk, Irkutsk branch of MSTU GA, 2016, pp. 90–93.

6. Kulapat, D., Fomin, V. G. The economic-mathematical model of functioning of logistics ferry-transport systems with participation of sea and inland water transport [*Ekonomiko-matematicheskaya model funktsionirovaniya logisticheskikh paromno-transportnykh sistem s uchastiem morskogo i vnutrennego vodnogo transporta*]. *Aspirant*, 2016, Iss. 9, pp. 119–123.

7. Boykov, A. V., Fomin, V. G., Kulapat, D. Operation foundations of the transport and logistics system (TLS) with participation of sea and river waterways [*Printsip raboty transportno-logisticheskoi sistemy (TLS) s uchastiem morskoi i rechnoi kommunikatsii*]. *Rechnoy transport (XXI vek)*, 2018, Iss. 1, pp. 49–51.

8. Malyshkin, A. G. Indicators for evaluating performance of river cargo fleet: examples and objectives: Study guide [*Pokazateli otsenki raboty rechnogo gruzovogo flota: primery i zadachi: Ucheb. posobie*]. N. Novgorod, VГАVТ, 2012, 100 p.

Information about the authors:

**Kulapat, Dushita** – Ph.D. student of the Ship Management Department of Moscow State Academy of Water Transport – branch of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Moscow, Russia, koolapat@gmail.com.

**Boikov, Alexey V.** – Ph.D. (Eng), associate professor, Dean of the Faculty of Navigation of Moscow State Academy of Water Transport – branch of Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Moscow, Russia, boykovalexey@bk.ru.

Article received 10.12.2018, accepted 04.05.2019.



## НА ТАЙМЫРЕ ПОСТРОЯТ ПОРТ

**О**добрен список проектов, которые реализуются в составе комплексного инвестиционного проекта «Енисейская Сибирь», а также утверждён их план. Соответствующее распоряжение от 29 марта 2019 года № 571-р за подписью премьер-министра Дмитрия Медведева опубликовано на сайте правительства РФ.

Согласно сопроводительной справке, в КИП «Енисейская Сибирь» входят 32 проекта, представленных частными инвесторами. В их числе разработка и обустройство Пайяхской группы месторождений и строительство морского терминала «Порт бухта Север», создание железнодорожной и автодорожной инфраструктуры Бейского угольного месторождения, создание в Республике Хакасия оператора парка с применением инновационных вагонов для отгрузки угля с Бейского каменно-

угольного месторождения, а также строительство угольного перегрузочного терминала в районе мыса Бурный и создание трансграничного автомобильного коридора Красноярск–Абакан–Кызыл–Хандагайты–Улангом–Ховд–Урумчи.

Отмечается, что целью КИП «Енисейская Сибирь» является активизация социально-экономического развития Красноярского края, Республики Хакасия и Республики Тыва, снятие инфраструктурных ограничений, ускорение экономического роста в регионе, увеличение налоговых поступлений в бюджеты всех уровней, создание новых рабочих мест.

**По материалам Информационно-аналитического агентства SeaNews:**  
<http://seanews.ru/2019/04/02/ru-na-tajmyre-postrojat-port> ●

## NEW PORT ON TAIMYR PENINSULA

**T**he Russian government has approved a package of projects to be realized as part of the Yenisei Siberia Comprehensive Investment Project, a governmental decree to this effect was signed by Premier Dmitry Medvedev on March 29.

The Yenisei Siberia Investment Project package consists of 32 projects suggested by private investors. The projects include development of Payakha deposits, construction of Sever Bay Port on the Taimyr Peninsula, developing rail and road infrastructure for the Bey coal field, establishing

operator of an innovative rolling stock for coal transportation from the Bay field in Khakassia, building a coal terminal in the Burny Cape area and developing a transboundary road corridor Krasnoyarsk–Abakan–Kyzyl–Khandaigaty–Ulanгом–Khovd–Urumchi in Mongolia.

**Compiled from the Web-site of SeaNews – the Information Analysis Agence:**  
<http://seanews.ru/en/2019/04/03/en-new-port-on-taimyr-peninsula> ●



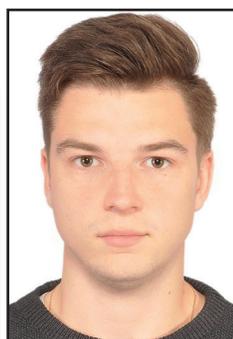


# Апробация методики оценки качества транспортного обслуживания



Максим КУДРЯШОВ  
Maxim A. KUDRYASHOV

Радион АЙРИЕВ  
Radion S. AYRIEV



Александр ПРОКОПЕНКОВ  
Alexander V. PROKOPENKOV

*Кудряшов Максим Александрович – начальник сектора службы кадров ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия.*  
*Айриев Радион Саркисович – советник заместителя генерального директора ГУП «Мосгортранс», Москва, Россия.*  
*Прокопенков Александр Владимирович – магистр Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.*

## Approbation of Methods for Assessing Transport Services Quality (текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 160)

**В статье приведены результаты экспериментальной проверки применения методики оценки качества обслуживания населения наземным городским пассажирским транспортом общего пользования на муниципальных маршрутах, которые закреплены за коммерческими предприятиями в рамках новой модели управления. Как известно, модель предусматривает оказание услуг при организации регулярных перевозок пассажиров и багажа на основе государственных контрактов. По результатам ранее выполненного иерархического кластерного анализа, где в качестве меры близости объектов выступает Евклидово расстояние с одиночным правилом объединения кластеров с использованием метода Варда, выбраны десять маршрутов, подлежащих оценке, и сделаны выводы о том, что уровень качества транспортного обслуживания населения высокий.**

*Ключевые слова:* модель управления, Евклидово расстояние, метод Варда, наземный городской пассажирский транспорт, качество обслуживания, социальный стандарт транспортного обслуживания, методика оценки.

**Р**аспоряжением Минтранса РФ утверждена методика оценки качества транспортного обслуживания населения, устанавливающая показатели качества, их нормативные значения и порядок начисления балльной оценки [1].

В ранее выполненном анализе [2] показаны её адаптивность применительно к условиям Москвы, способы получения исходных данных, выявлены некорректные положения, разработаны предложения по совершенствованию методики [1].

Оценка соответствия требованиям уровня и показателей качества выполнена на столичных маршрутах, обслуживаемых коммерческими предприятиями автомобильным транспортом в городском сообщении в рамках государственных контрактов.

## ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ДОСТУПНОСТИ

На начальном этапе исследования с помощью иерархического кластерного анализа, где в качестве меры близости было взято



евклидово расстояние с одиночным правилом объединения кластеров и использованием метода Варда, выбрано десять маршрутов, подлежащих оценке. Схема трасс приведена на рис. 1.

По результатам выполненного анализа следования маршрутов установлено, что девять из них имеют коэффициент транспортной доступности остановочных пунктов 1, и на одном маршруте он равен 0,98.

Определим среднеарифметическую величину коэффициента транспортной доступности остановочных пунктов как отношение суммы индивидуальных значений показателя по каждому маршруту к общему их количеству.

По результатам оценки среднеарифметической величины значений коэффициента транспортной доступности остановочных пунктов (0,998) по этому показателю присваивается оценка – 10 баллов.

Выполненный анализ показал, что выбранные маршруты обслуживают 620 остановочных пунктов и три автостанции.

Все автовокзалы и автостанции, которые обслуживаются маршрутами регулярных перевозок, должны отвечать требованиям, установленным [3, пп. 7.4.9–7.4.21; 4], а все остановочные пункты – требованиям подпунктов 7.3.1–7.3.16 методических рекомендаций [5, с. 44–48].

Необходимо отметить, что в социальном стандарте транспортного обслуживания отсутствуют веса значимости показателей доступности остановочных пунктов, которые соответствовали бы требованиям [3–5], а параметры, утверждённые в [5], носят рекомендательный характер. По результатам натурных обследований установлено, что в большинстве своём остановочные пункты не соответствуют рекомендациям [5, с. 44–48] в части обозначения рельефными знаками прозрачных стен павильонов и обустройства их тактильными указателями для слепых и слабовидящих людей.

В соответствии с [6] в границах города Москвы утверждено двенадцать остановочных пунктов, которые разрешается использовать в качестве начальных и (или) конечных на межрегиональных маршрутах регулярных перевозок. Выполненный анализ позволил выделить три автостанции («ВДНХ», «Тушинская», «Тёплый Стан»), обслуживаемые выбранными

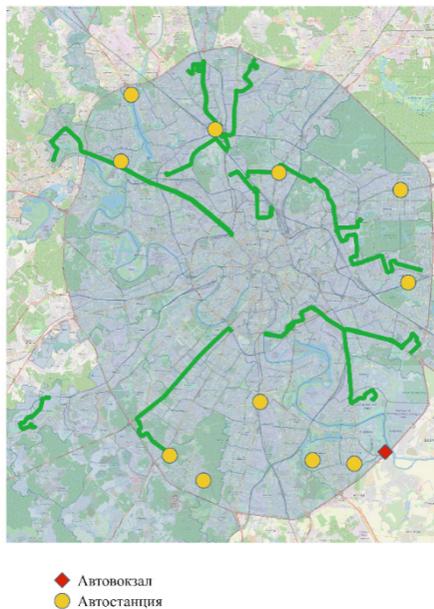


Рис. 1. Трассы следования обследуемых маршрутов.

муниципальными маршрутами и подлежащие дальнейшему анализу. Следует заметить и то, что в данный момент автостанция «Верхние Лихоборы» фактически не эксплуатируется.

По результатам оценки [7–9] установлены варианты организации и состояние доступности объектов социальной инфраструктуры и основных структурно-функциональных зон для различных категорий маломобильных групп населения с учётом требований [10, 11]. При расчёте интегральной оценки доступности остановочных пунктов, автовокзалов и автостанций для таких групп значение коэффициентов доступности равнозначно, что подразумевает одинаковую степень важности показателей как остановочных пунктов, так и автостанций или автовокзалов.

Отметим необходимость определения коэффициента важности или веса, который бы отражал значимость соответствующего параметра по каждому уровню доступности. Одним из наиболее научно обоснованных способов получения экспертных оценок является метод независимой многовариантной экспертизы [12, с. 115–121; 13, с. 163–178; 14, с. 214–217; 15, с. 29–38].

Полученное значение коэффициента доступности остановочных пунктов, автовокзалов и автостанций для маломобильных



групп населения  $<0,1$ , и по данному показателю присваивается 1 балл.

По материалам анализа и с учётом параметров перевозок в действующих государственных контрактах [16, 17] установлено общее число (121 ед.) и класс эксплуатируемого подвижного состава на выбранных маршрутах.

В параметрах перевозок [17] утверждены требования к подвижному составу большой и средней вместимости по оборудованию аппарелью для посадки инвалидов-колясочников и обеспечению не менее одного специально оборудованного места с соответствующими механизмами крепления.

По результатам выполненной оценки коэффициент доступности транспортных средств для маломобильных групп населения на муниципальных маршрутах регулярных перевозок равен 0,81, и по данному показателю присваиваются 9 баллов.

Дополнительно сделан анализ требований к транспортным средствам, используемым для осуществления перевозок пассажиров в рамках заключённых государственных контрактов. Так, в части системы информирования пассажиров утверждены требования к оснащению подвижного состава: автоинформатором, динамиками, микрофоном, передним, задним, боковым маршрутоуказателями (табло) (с возможностью трансляции информации в соответствии с п. 32 [19]). Согласно расчётам, коэффициент оснащённости – единица, и соответственно, по этому показателю присваивается оценка – 10 баллов.

Оснащение автовокзалов, автостанций и остановочных пунктов средствами зрительного информирования пассажиров с актуальной информацией и прочими элементами обустройства должны отвечать требованиям, установленным подпунктами 14–18 правил перевозок пассажиров и багажа [19]. Оценка соответствия им выполнена методом натурного обследования. По результатам анализа коэффициент оснащённости названных объектов достигает единицы, и по данному показателю присваивается оценка – 10 баллов.

## ЦЕНОВАЯ ДОСТУПНОСТЬ

Расчёт показателя ценовой доступности поездок по муниципальным маршрутам регулярных перевозок с балльной оценкой

полученного значения коэффициента выполнен по формуле:

$$\kappa_0 = \frac{P}{C_{Д_{взв}}} = \frac{P}{\frac{\sum D_i \cdot w_i}{\sum w_i}},$$

где  $P$  – среднемесячные расходы пассажира на осуществление поездок автомобильным и наземным электрическим транспортом по маршрутам регулярных перевозок в пределах муниципального образования, руб.;

$C_{Д_{взв}}$  – средняя арифметическая взвешенная величина среднедушевого денежного дохода населения в субъекте Федерации, где расположено муниципальное образование, руб.;

$D_i$  – медианная величина среднедушевого денежного дохода с соответствующей долей в распределении населения по величине среднедушевых денежных доходов в субъекте Федерации, где расположено муниципальное образование;

$w_i$  – доля населения субъекта Федерации, где расположено муниципальное образование, с величиной дохода ниже среднедушевого денежного.

Порядок определения величины среднего арифметического взвешенного среднедушевого денежного дохода населения утверждён в [1]. Стоимость билета длительного пользования приравнивается к стоимости билета «ТАТ» на 30 дней на дату проведения обследования и составляет 1080 рублей [20, приложение 1]. Величина средней арифметической взвешенной величины среднедушевого денежного дохода населения Москвы получена на основе данных территориального органа Федеральной службы государственной статистики [21], и она зафиксирована на уровне 57882 рублей.

Анализ распределения численности населения по величине среднедушевых денежных доходов и значений средней арифметической взвешенной величины среднедушевого денежного дохода за период с 2010 года показывает допустимость смещённой интервальной оценки. По результатам выполненных расчётов значение коэффициента ценовой доступности поездок по маршрутам регулярных перевозок равен 0,033, и по данному показателю даётся оценка – 7 баллов.

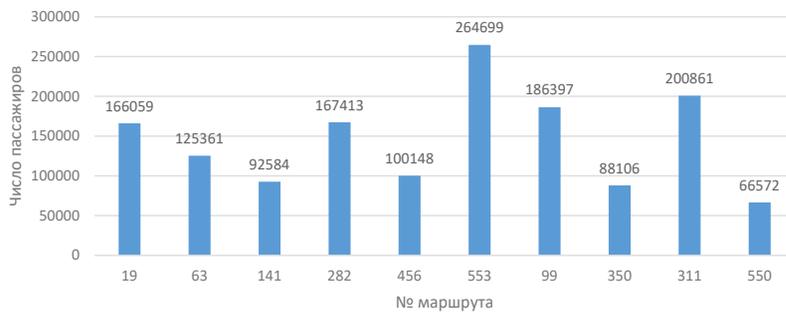


Рис. 2. Объём перевозок пассажиров на исследуемых маршрутах.

## ПАРАМЕТРЫ КОМФОРТНОСТИ

При определении показателя соблюдения расписания сделана оценка в отношении плановых, фактических рейсов и рейсов, выполненных с допустимым отклонением от планового расписания, в октябре месяце. Рассчитанный коэффициент соблюдения расписания на выбранных муниципальных маршрутах составляет 0,854, и по данному показателю оценка составляет 7 баллов.

Оценка показателя соблюдения нормативной температуры в салоне транспортного средства выполнена за октябрь, соответственно показатели доли дней и доли рейсов будут определены относительно исследуемого периода.

В части обеспечения температурного режима существует требование по обеспечению температуры воздуха в салоне автобуса не менее 12 градусов и не более 25 градусов по шкале Цельсия, утверждённое распоряжением Министерства транспорта РФ от 13 апреля 2018 г. № НА-55-р. Дополнительно требования к системе отопления, вентиляции и кондиционирования есть в параметрах перевозок [17].

Отметим, что в статистических данных метеорологические сутки в Москве начинаются в 18 часов по всемирному (в 21.00 по местному времени). Расчётным периодом также был октябрь. Число дней со среднесуточной температурой выше 20°C равнялось нулю. Соответственно учёт числа выполненных рейсов с указанной температурой не проводился. Число дней со среднесуточной температурой менее 5–7°C, соответственно  $D_{\text{дней}<5} = 0,23$ . Число дней со среднесуточной температурой в диапазоне от 5°C до 20°C – 24, соответственно  $D_{\text{дней}<20 \text{ и } >5} = 0,77$ .

В согласии с утверждёнными параметрами перевозок в государственных контрактах [17, с. 2, 4–7] число рейсов, выполненных в будние дни со среднесуточной температурой менее 5°C – 13590, а в выходные дни – 1018; выполненных в будние дни со среднесуточной температурой в диапазоне от 5°C до 20°C – 21140, в выходные дни – 7126.

Анализ уровня температуры в салоне подвижного состава получен по результатам фиксации значений информационного табло, а также по результатам инструментальных измерений параметров микроклимата. Измерения температуры выполнены для каждого класса транспортных средств, используемых на выбранных маршрутах. При этом доля рейсов с нормативной температурой в салоне транспортного средства равно единице, и по данному показателю присваивается оценка – 10 баллов.

При определении показателя соблюдения норм вместимости по результатам анализа данных автоматизированной системы контроля оплаты проезда (АСКП, рис. 2) установлено, что общее число пассажиров на выбранных муниципальных маршрутах за октябрь составило 145 200 человек.

Параметры перевозок [17] устанавливают три категории пассажироместности транспортных средств: большой – 85 человек, в т.ч. не менее 22 мест для сидения; средней – не менее 40 человек, в т.ч. не менее 17 мест для сидения; малой вместимости – не менее 19 человек.

По результатам натурных обследований в часы пик и межпиковые часы в будние и выходные дни, при сопоставлении с расчётными данными АСКП установлено, что коэффициент соблюдения норм вместимости равен единице, и по данному показателю оценка – 10 баллов.



## Оценка качества транспортного обслуживания населения

Интервальные значения качества	Качество транспортного обслуживания
$KO \leq 30 \%$	неудовлетворительное
$30 \% < KO \leq 50 \%$	минимальное
$80 \% < KO \leq 80 \%$	среднее
$KO > 80 \%$	высокое

Общее число пассажиров, совершающих пересадки, в т.ч. при осуществлении поездки на выбранных маршрутах, определено методом анкетирования. Расчёт потребного количества респондентов выполнен с доверительной вероятностью 95 %, доверительным интервалом 5 % и размером генеральной совокупности, равной общему количеству пересеживающихся пассажиров в рамках одной поездки.

Анкетирование проводилось среди респондентов при индивидуальном бесповторном отборе на всех остановочных пунктах при ожидании пассажиром подвижного состава. В целях обеспечения заданного уровня репрезентативности выборки число опрошенных увеличено на 50 % и составило 576 человек.

Выявленный коэффициент соблюдения норм по числу пересадок – 0,98, и по данному показателю присвоена оценка в 10 баллов.

Информация о сроке службы приводится в сопутствующей документации на соответствующее транспортное средство. В случае, если завод-производитель не указал срок службы, то в соответствии со ст. 6 Закона РФ о защите прав потребителей [22, ст. 6] его принимают за десять лет со дня передачи транспортного средства потребителю. По части требований к возрасту транспортных средств установлено предельное значение, они должны быть не старше двух лет с даты начала осуществления перевозок на обслуживаемых трассах, и, по полученным данным, по этому показателю присваивается оценка – 10 баллов.

Показатель доли транспортных средств с высоким экологическим классом и порядок балльной оценки утверждён в [23]. Под высоким экологическим классом понимается соответствие транспорта классу Евро-4 и выше. В [17] определено требование по соблюдению класса экологической безопасности: не ниже 5-го для транспорт-

ных средств средней и большой вместимости, не ниже 4-го – для малой вместимости. При наличии высоких совпадающих характеристик по данному показателю присваивается оценка – 10 баллов.

## ВЫВОДЫ

Уровень качества транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом по маршрутам регулярных перевозок определяется отношением количества набранных (суммированных) баллов, присвоенных показателям, к максимально возможному их количеству = 120.

По итогам расчётов формируется вывод о качестве транспортного обслуживания в муниципальных образованиях в соответствии со значениями таблицы 1.

По результатам апробации оценки качества транспортного обслуживания населения – 87 % (104 балла) – его общий уровень в Москве является высоким.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Минтранса РФ от 31.01.2017 г. № НА-19-р «Об утверждении социального стандарта транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом». [Электронный ресурс]: [http://special.mintrans.ru/upload/iblock/736/rasp\\_mt\\_na\\_19g\\_31012017.pdf](http://special.mintrans.ru/upload/iblock/736/rasp_mt_na_19g_31012017.pdf). Доступ 24.12.2018.
2. Айриев Р. С., Кудряшов М. А. Показатели качества транспортного обслуживания населения // Мир транспорта. – 2018. – № 4. – С. 140–149.
3. СП 59.13330.2016 «Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения» (Приказ Минстроя РФ от 14 ноября 2016 г. № 798/пр). [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200089976>. Доступ 24.12.2018.
4. Приказ Минтранса РФ от 1 декабря 2015 г. № 347 «Об утверждении Порядка обеспечения условий доступности для пассажиров из числа инвалидов транспортных средств автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта, автовокзалов, автостанций и предоставляемых услуг, а также оказания им при этом необходимой помощи». [Электронный ресурс]: <http://www.garant.ru/products/>

ipo/prime/doc/71294366/#ixzz4xLjTREoY. Доступ 24.12.2018.

5. ОДМ 218.2.007–2011 «Методические рекомендации по проектированию мероприятий по обеспечению доступа инвалидов к объектам дорожного хозяйства» (издан на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 5 июня 2013 г. № 758-р). [Электронный ресурс]: [http://61.gosavtodor.ru/storage/app/media/uploaded-files/Bibl\\_218\\_2\\_007\\_2011.pdf](http://61.gosavtodor.ru/storage/app/media/uploaded-files/Bibl_218_2_007_2011.pdf). Доступ 24.12.2018.

6. Постановление правительства Москвы от 17.12.2015 № 895-ПП (ред. от 30.01.2018) «Об установлении в границах города Москвы остановочных пунктов, которые разрешается использовать в качестве начальных и (или) конечных остановочных пунктов по межрегиональным маршрутам регулярных перевозок...». [Электронный ресурс]: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n=183657&rnd=A86C5FF1D21FAC801F55B6975A4CFC0F&from=167189-4#09366842789853467>. Доступ 24.12.2018.

7. ГУП «Мосгортранс». Автостанция «ВДНХ». Паспорт доступности объекта социальной инфраструктуры. [Электронный ресурс]: <http://www.mosgortrans.ru/about/branches/av/avtostancija-vdnkh/>. Доступ 24.12.2018.

8. ГУП «Мосгортранс». Автостанция «Тушинская». Паспорт доступности объекта социальной инфраструктуры. [Электронный ресурс]: <http://www.mosgortrans.ru/about/branches/av/avtostancija-tushinskaja/>. Доступ 24.12.2018.

9. ГУП «Мосгортранс». Автостанция «Тёплый Стан». Паспорт доступности объекта социальной инфраструктуры. [Электронный ресурс]: <http://www.mosgortrans.ru/about/branches/av/avtostancija-teplyi-stan/>. Доступ 24.12.2018.

10. СП 35-101-2001 «Проектирование зданий и сооружений с учётом доступности для маломобильных групп населения. Общие положения» (одобрен постановлением Госстроя РФ от 16.07.2001 г. № 70). [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200023318>. Доступ 24.12.2018.

11. СП 31-102-99 «Требования доступности общественных зданий и сооружений для инвалидов и других маломобильных посетителей» (принят Постановлением Госстроя РФ от 29.11.1999 г. № 73). [Электронный ресурс]: <http://docs.cntd.ru/document/1200006300>. Доступ 24.12.2018.

12. Блудян Н. О., Мороз Д. Г., Шестопалов Н. Ю. Оценка и выбор типа транспортного средства для таксомоторных перевозок // Вестник МАДИ. – 2018. – № 3. – С. 115–121.

13. Блудян Н. О., Ахохов А. А., Дорофеев Ю. А., Чернявский А. Л. Независимая многовариантная экспертиза в задаче управления межрегиональными автобусными перевозками // Управление большими системами: сборник трудов. – 2013. – № 46. – С. 163–178.

14. Блудян Н. О., Ахохов А. А., Дорофеев Ю. А., Чернявский А. Л. Методы коллективной многовариантной экспертизы в задаче регулирования рынка межрегиональных автобусных перевозок // Инновации и инвестиции. – 2013. – № 4. – С. 214–217.

15. Блудян Н. О., Ахохов А. А., Дорофеев Ю. А., Чернявский А. Л. Разработка системы управления межрегиональными автобусными перевозками на базе методов коллективной многовариантной экспертизы // Проблемы управления. – 2013. – № 4. – С. 29–38.

16. Реестр муниципальных маршрутов регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным и наземным электрическим транспортом в городе Москве. – [Электронный ресурс]: <https://www.mos.ru/dt/function/razvitiye-nazemnogo-obshchestvennogo-transporta/reestr-regulyarnyh-marshrutov/> свободный. Доступ 24.12.2018.

17. Проект Государственного контракта на оказание услуг по обеспечению транспортного обслуживания населения автомобильным транспортом общего пользования на маршрутах регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом в городском сообщении. [Электронный ресурс]: <http://zakupki.gov.ru/44fz/filestore/public/1.0/download/priz/file.html?uid=011D6050DCE3418DA4370D88A4D898A3> Доступ 24.12.2018.

18. Правила № 107 ЭЭК ООН «Единые предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М2 и М3 в отношении их общей конструкции». [Электронный ресурс]: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/technicalregulations/eecrules>. Доступ 24.12.2018.

19. Постановление правительства РФ от 14 февраля 2009 г. № 112 «Об утверждении Правил перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» (с изменениями и дополнениями). [Электронный ресурс]: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_85364/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85364/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/). Доступ 24.12.2018.

20. Постановление Правительства Москвы от 22 декабря 2017 г. № 1073-ПП «О внесении изменений в постановление Правительства Москвы от 15 декабря 2015 г. № 880-ПП». [Электронный ресурс]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/49518376/> Доступ 24.12.2018.

21. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по городу Москве. Официальная статистика. Уровень жизни. Среднедушевые денежные доходы населения в 2018 г. [Электронный ресурс]: [http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/moscow/resources/dde9f900449829339b6bf20d5236cbc/srdushddn.doc](http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/resources/dde9f900449829339b6bf20d5236cbc/srdushddn.doc). Доступ 24.12.2018.

22. Закон РФ «О защите прав потребителей» от 07.02.1992 г. № 2300-1. [Электронный ресурс]: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_305/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305/). Доступ 24.12.2018.

23. Распоряжение Министерства транспорта РФ от 13 апреля 2018 г. № НА-55-р «О внесении изменений в социальный стандарт транспортного обслуживания населения при осуществлении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом, утверждённый распоряжением Министерства транспорта Российской Федерации от 31 января 2017 г. № НА-19-р». [Электронный ресурс]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837354/#ixzz5W5Ft8hwK>. Доступ 24.12.2018. ●

Координаты авторов: **Кудряшов М. А.** – [sparky5@yandex.ru](mailto:sparky5@yandex.ru), **Айриев Р. С.** – [ayrievs@mail.ru](mailto:ayrievs@mail.ru), **Прокопенков А. В.** – [prokopenkovaleksandr@gmail.com](mailto:prokopenkovaleksandr@gmail.com).

Статья поступила в редакцию 24.12.2018, принята к публикации 21.02.2019.



## APPROBATION OF METHODS FOR ASSESSING TRANSPORT SERVICES QUALITY

**Kudryashov, Maxim A.**, Mosgortrans State Unitary Enterprise, Moscow, Russia.

**Ayriev, Radion S.**, Mosgortrans State Unitary Enterprise, Moscow, Russia.

**Prokopenkov, Alexander V.**, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The article presents the results of approbation of the methodology for assessing the quality of public service by urban passenger transport of municipal routes, which are assigned to commercial enterprises under the new management model, regarding the city of Moscow. The model provides for provision of services of regular transportation of passengers and baggage on the basis of public contracts with city administration.

According to the results of a previously performed hierarchical cluster analysis, where the

Euclidean distance with a single rule for cluster unification was used as a measure of proximity using the Ward method, ten routes were selected for assessment.

Key parameters for assessment the quality of provided services comprised accessibility of stopping points, of social facilities, of transport facilities for people with disabilities, information facilities, price affordability, comfort, optimal passenger capacities of vehicle, and ecological friendliness.

Conclusions have been drawn that the level of quality of transport services for passengers in Moscow is high.

**Keywords:** management model, Euclidean distance, Ward method, ground urban passenger transport, quality of service, social standard of transport service, assessment method.

**Background.** Current methodology for assessing quality of transport services provided to the population in Russia, which establishes quality indicators, their standard values, and the scoring procedure, has been set by the order of the Ministry of Transport of the Russian Federation [1].

Previously performed analysis [2] has shown adaptability of the methods and techniques of its application to the conditions of the city of Moscow, revealed the ways of obtaining the initial data and of identifying non-optimal or incorrect positions, developed proposals for the improvement of the methodology [1].

The study, presented in the article, was dedicated to the assessment of compliance with the quality indicators of the Moscow metropolitan urban road routes served by commercial enterprises within the framework of public contracts of the city administration.

**Objective.** The objective of the authors is to test methods for assessing transport services quality in urban road transit at the example of the city of Moscow.

**Methods.** The authors use general scientific methods, comparative analysis, economic analysis, content and legal analysis, specific tools of transport management, other scientific instruments (Euclidean distance formula, Ward's method of hierarchical cluster analysis, multivariate examination).

### Results.

#### Assessment of accessibility parameters

At the initial stage of the study, using the hierarchical cluster analysis, the Euclidean distance, taken as a measure of closeness with a single rule for cluster combining, and the Ward method, ten routes were chosen to be assessed. The scheme of routes is shown in Pic. 1 on the next page.

According to the results of the analysis of the routes' itineraries, it was established that nine of them have a transport accessibility factor of stopping points equal to 1 and one of them has the factor equal to 0,98.

We define the arithmetic mean value of the transport accessibility of stopping points as the ratio

of the sum of the individual values of the indicator for each route to their total number.

According to the results of assessment of the arithmetic mean of the values of the coefficient of transport accessibility of stopping points (0,998), this indicator gets 10 points.

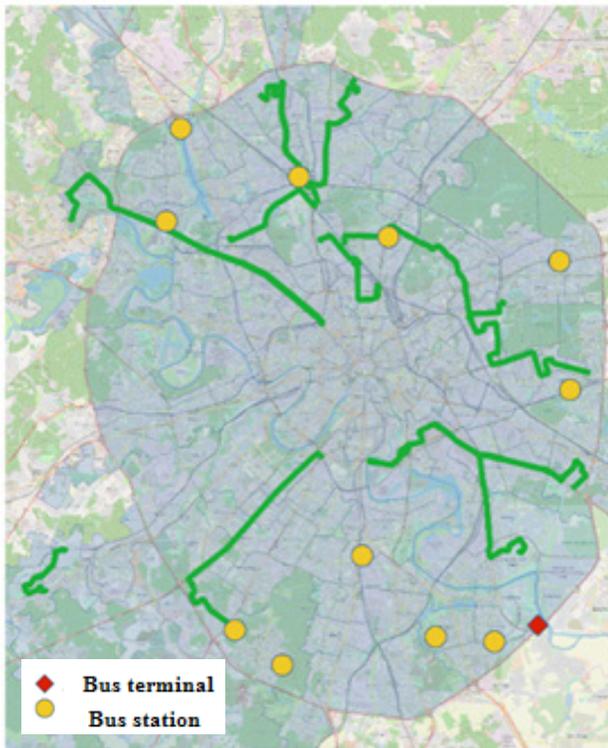
The analysis showed that the selected routes serve 620 stopping points and three bus stations.

All bus terminals and bus stations that are served by regular transport routes must meet the requirements established by [3, sub-clauses 7.4.9–7.4.21; 4], and all stopping points should meet the requirements of sub-clauses 7.3.1–3.3.16 of the methodological recommendations [5, pp. 44–48].

It should be noted that the social standard of transport services does not contain any weights of relative significance of indicators of accessibility of stopping points that would meet the requirements [3–5], and the parameters approved in [5] are recommendatory in nature. According to the results of field surveys, it was found that, for the most part, stopping points do not comply with the recommendations [5, pp. 44–48] in terms of designating the transparent walls of the pavilions by relief signs and of arranging tactile signs for blind and visually impaired people.

In accordance with [6], twelve stopping points within the boundaries of the city of Moscow have been approved, which are allowed to be used as start and (or) end points of interregional regular passenger routes. The analysis made it possible to identify three bus stations («VDNKh», «Tushinskaya», «Tyoply Stan»), served by previously selected municipal routes and so subject to further analysis. It should be noted that the bus station «Verkhnie Likhobory» is actually not in use.

According to the results of assessment [7–9], the variants of the organization and the current state of accessibility of social infrastructure facilities and of the main structural and functional zones for various categories of people with limited mobility have been determined in compliance with the regulations' clauses [10, 11]. When calculating the integral assessment of accessibility of stopping points, bus



**Pic. 1. Itineraries of the routes under study.**

terminals and bus stations for such groups of citizens, the value of accessibility coefficients is equal for stopping points, bus stations and bus terminals. Consequently, it implies the same degree of importance of indicators of stopping points, bus terminals, and bus stations.

Let us note the need to determine the importance factor (or weight factor), which would reflect the significance of the corresponding parameter for each level of accessibility. One of the best scientifically substantiated methods for obtaining expert assessments is the method of independent multivariate examination [12, pp. 115–121; 13, pp. 163–178; 14, pp. 214–217; 15, pp. 29–38].

The obtained value of accessibility of stopping points, bus terminals and bus stations for people with limited mobility is of  $<0,1$ , and that indicator scores only 1 point.

Based on the analysis results and considering the parameters of transportation stipulated in existing public contracts [16, 17], the total number (121 units) and the class of vehicles, operated on the selected routes, were established.

The requirements of approved transportation parameters [17], stipulate that the vehicles of larger and medium capacity should be equipped with a ramp for landing wheelchair users, and should provide at least one specially equipped place with appropriate fastening mechanisms.

Following the results of the assessment, the accessibility factor of vehicles for people with limited mobility on regular municipal routes is 0,81, and this indicator gets 9 points.

An additional analysis was made as for some other requirements established for vehicles used for passenger transportation within the framework of concluded public contracts. Thus, in terms of the

passenger information system, requirements have been approved for equipping the vehicles with an automatic voice informer, speakers, a microphone, front, rear and side direction screens (displays) with the possibility of transmitting information in accordance with clause 32 [19]. According to the calculations, the information equipment factor is equal to 1, and, accordingly, this indicator gets 10 points.

The equipping of bus terminals, bus stations and stopping points with devices, visually informing passengers and providing relevant information, and with other technical means must meet the requirements established by sub-clauses 14–18 of the rules of passenger and baggage transportation [19]. Conformity assessment was made by the method of field survey. According to the results of the analysis, the equipment ratio of the named objects is equal to 1, and, accordingly, this indicator scores 10 points.

#### Price affordability

Calculation of an indicator of the price affordability of trips along regular municipal routes with a scoring of the coefficient obtained was performed, using the formula:

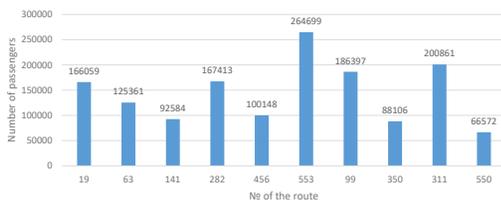
$$k_a = \frac{E}{AM_{weight}} = \frac{E}{\frac{\sum M_i \cdot w_i}{\sum w_i}}$$

where  $E$  – average monthly passenger expenses for traveling by road and land electric transport on regular transport routes within the municipality, rubles;

$AM_{weight}$  – arithmetic weighted average of per capita monetary income of the population in the federal entity of the Russian Federation, where the municipality is located, rubles;

$M_i$  – median value of per capita monetary income with a corresponding share in distribution of the





**Fig. 2. The volume of passenger transportation on the routes under study.**

population in terms of per capita monetary income in the federal entity of the Russian Federation, where the municipality is located;

$w_i$  – share of the population of the federal entity of the Russian Federation, where the municipality is located, possessing the amount of income below the average per capita income.

The procedure for determining the value of the arithmetic weighted average of per capita monetary income of the population was approved in [1]. The cost of a long-term use ticket is equivalent to the cost of a TAT [tram – [auto]bus – trolleybus] ticket for 30 days as of the date of the survey and amounts to 1080 rubles [20, Appendix 1]. The weighted average arithmetic value of the average per capita monetary income of the population of Moscow was obtained on the basis of the data of the territorial body of the Federal State Statistics Service [21], and it was fixed at the level of 57882 rubles.

An analysis of distribution of the population in terms of the average per capita monetary incomes and the values of the arithmetic weighted average per capita monetary income for the period from 2010 shows the admissibility of a biased interval estimate. According to the results of the calculations, the value of the coefficient of price affordability of trips along regularly serviced routes is equal to 0,033, and this indicator gets 7 points.

#### Comfort parameters

In determining the indicator of compliance with the schedule, an estimate of the planned, performed trips and trips, performed with a tolerable deviation from the planned schedule, is given for October. Calculations of the compliance rate on selected municipal routes amount to 0,854, accordingly, this indicator scores 7 points.

The assessment of compliance of the temperature in the passenger cabin of vehicles with standard temperature, established by regulations, was made in October; respectively, the indicators of the share of days and the share of trips will be further determined relative to the studied season and period.

In terms of ensuring the temperature mode, the requirement (approved by the order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of April 13, 2018 No. NA-55-r) stipulates that the temperature of the air in the bus passenger cabin should not be less than 12 degrees and not more than 25 degrees on the Celsius scale. Besides, the requirements for the system of heating, ventilation and air conditioning are stipulated in the transportation parameters [17].

Let us note that in the statistical data, the meteorological day in Moscow begins at 18 o'clock of global time (at 21:00, local time). Let us remind that the calculation period was October, so the number of days with an average daily temperature above 20°C was zero. Accordingly, accounting of

the number of trips made with the specified temperature was not conducted. The number of days with an average daily ambient temperature of less than 5–7 °C, was, respectively,  $D_{\text{days}<5} = 0,23$ . The number of days with an average daily temperature in the range from 5°C to 20°C was 24, respectively  $D_{\text{days}<20 \text{ and } >5} = 0,77$ .

In accordance with the parameters of transportation, as approved in public contracts [17, pp. 2, 4–7], the number of trips performed on weekdays with an average daily temperature of less than 5°C was 13590, and the number of trips performed on weekends – 1018; the number of weekdays' trips with an average daily temperature in the range from 5°C to 20°C was 21140, on weekends – 7126.

The analysis of the temperature in passenger cabins of vehicles was obtained from the results of records of the values of the information board, as well as from the results of instrumental measurements of the parameters of the microclimate. Temperature measurements were made for each class of vehicles used on the selected routes. The share of trips with a standard temperature in the cabin of the vehicle is equal to 1, and this indicator gets 10 points.

While determining the compliance with the capacity rates, using the results of the analysis of data of the automated fare control system (AFCS, Pic. 2), it was established that the total number of passengers on selected municipal routes in October was equal to 145200 persons.

The parameters of transportation [17] establish three categories of passenger capacity of vehicles: larger one, which is of 85 people with at least 22 seats; medium one – of not less than 40 people, and at least 17 seats; small capacity – of at least 19 people.

According to the results of field surveys during peak hours and during inter-peak hours on weekdays and weekends, compared with the AFCS data, it was established that the coefficient of compliance with capacity standards is equal to one, and this indicator gets 10 points.

The total number of passengers making interchanges, including when making a trip on selected routes, was determined by the method of questioning. The calculation of the required number of respondents was made with a confidence level of 95 %, a confidence interval of 5 % and a size of the general sample, equal to the total number of passengers using interchanges during a single trip.

The survey was conducted among the respondents by individual non-repetitive selection at all stopping points, i.e. among passengers awaiting to take a required vehicle. In order to ensure a given level of representativeness of the sample, the number of respondents was increased by 50 % and amounted to 576 people.

The revealed coefficient of compliance with standards for the number of interchanges is 0,98, and this indicator scores 10 points.

Information on the service life is given in the vehicle specifications. In general case, if the manufacturing plant has not specified the service life, then in accordance with art. 6 of the Law of the Russian Federation on Consumer Protection [22, Article 6], the service life is deemed to be ten years from the date of transfer of the vehicle to the consumer. Particularly regarding the age of vehicles, a limit value has been established, that is a vehicle should be no



older than two years from the date of its first trip on serviced routes and, according to the study, this indicator gets 10 points.

The method of calculation of the indicator of the share of vehicles with a high environmental standard compliance and the relevant scoring procedure were approved in [23]. The high environmental standard means the compliance of vehicles with European exhaust emissions standard 4 and above. In [17] the requirement for compliance with environmental safety standard is defined: medium and larger capacity vehicles should comply with at least standard 5, and vehicles of smaller capacity should comply with at least standard 4. As the features meet those requirements to the high extent, then this indicator scores 10 points.

**Conclusions.** The quality index of services provided to citizens, with regard to transportation of passengers and their baggage by road and urban ground electric transport along regular routes, is determined by the ratio of the number of accumulated (summed) points assigned to the set of indicators to their maximum value = 120.

The calculations result in a conclusion on the quality of transport services in municipalities in accordance with the values of Table 1.

**Table 1**

**Assessment of quality of transport services provided to passengers**

Interval values of quality	Quality of transport service
QS ≤ 30 %	unsatisfactory
30 % < QS ≤ 50 %	minimal
80 % < QS ≤ 80 %	average
QS > 80 %	high

According to the obtained results of approbation of the method of assessment of quality of transportation services provided to population, which reached 87 % (104 points), the overall quality level of transportation services in Moscow can be considered as high.

**REFERENCES**

1. The order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 31.01.2017, No. NA-19-r «On approval of the social standard of transport services for the population in transportation of passengers and baggage by road and urban ground electric transport» [*Rasporyazhenie Mintransa RF ot 31.01.2017 No. NA-19-r «Ob utverzhenii sotsialnogo standarta transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozok passazhirov i bagazha avtomobilnykh transportom i gorodskim nazemnykh elektricheskim transportom»*]. [Electronic resource]: [https://special.mintrans.ru/upload/iblock/736/rasp\\_mt\\_na\\_19r\\_31012017.pdf](https://special.mintrans.ru/upload/iblock/736/rasp_mt_na_19r_31012017.pdf). Last accessed 24.12.2018.

2. Ayriev, R. S., Kudryashov, M. A. Quality indices of public transportation services. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 4, pp. 140–149.

3. SP [Set of Rules] 59.13330.2016 «Accessibility of buildings and structures for people with limited mobility» (Order of the Russian Ministry of Construction of November 14, 2016 No. 798/pr) [*SP 59.13330.2016 «Dostupnost zdanii i sooruzhenii dlya malomobilnykh grupp naseleniya» (Prikaz Ministroya RF ot 14 noyabrya 2016 No. 798/pr)*]. [Electronic resource]: <http://docs.cntd.ru/document/1200089976>. Last accessed 24.12.2018.

4. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of December 1, 2015 No. 347 «On approval of the Procedure for ensuring accessibility conditions for disabled passengers regarding vehicles of motor transport and urban ground electric transport, bus terminals, bus stations and provided services, as well as providing them with the necessary assistance» [*Prikaz Mintransa RF ot 1 dekabrya 2015 No. 347 «Ob utverzhenii Poryadka obespecheniya uslovii dostupnosti dlya passazhirov iz chisla invalidov transportnykh sredstv avtomobilnogo transporta i gorodskogo nazemnogo elektricheskogo transporta, avtovokzalov, avtostantsii i predostavlyayemykh uslug, a takzhe okazaniya im pri etom neobkhodimoi pomoshchi»*]. [Electronic resource]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71294366/#ixzz4xLjTREoY>. Last accessed 24.12.2018.

5. ODM [Sectoral road methodological documents] 218.2.007-2011 «Guidelines for development of measures to ensure the access of persons with disabilities to road facilities» (issued on the basis of the order of the Federal Road Agency dated June 5, 2013 No. 758-r) [*ODM 218.2.007-2011 «Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu meropriyatiy po obespecheniyu dostupa invalidov k ob'ektam dorozhnogo khozyaistva» (izdan na osnovanii rasporyazheniya Federalnogo dorozhnogo agentstva ot 5 iyunya 2013 No. 758-r)*]. [Electronic resource]: [http://61.rosavtodor.ru/storage/app/media/uploaded-files/Bibl\\_218\\_2\\_007\\_2011.pdf](http://61.rosavtodor.ru/storage/app/media/uploaded-files/Bibl_218_2_007_2011.pdf). Last accessed 24.12.2018.

6. Resolution of the Government of Moscow dated December 17, 2015 No. 895-PP (as amended on January 30, 2017) «On establishment within the boundaries of the city of Moscow of stopping points that can be used as start and (or) end stops along inter-regional routes of regular transportation...» [*Postanovlenie pravitelstva Moskvy ot 17.12.2015 No. 895-PP (red. ot 30.01.2018) «Ob ustanovlenii v granitsakh goroda Moskvy ostanovochnykh punktov, kotorie razreshaetsya ispolzovat v kachestve nachalnykh i (ili) konechnykh ostanovochnykh punktov po mezhregionalnym marshrutam regulyarnykh perevozok...»*]. [Electronic resource]: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=MLAW&n=183657&rmd=A86C5FF1D21FAC801F55B6975A4CFC0F&from=167189-4#09366842789853467>. Last accessed 24.12.2018.

7. State Unitary Enterprise «Mosgortrans». Bus station «VDNKh». Passport availability of social infrastructure [*GUP «Mosgortrans». Avtostantsiya «VDNH». Passport dostupnosti ob'ekta sotsialnoi infrastruktury*]. [Electronic resource]: <http://www.mosgortrans.ru/about/branches/av/avtostancija-vdnkh/>. Last accessed 24.12.2018.

8. State Unitary Enterprise «Mosgortrans». Bus station «Tushinskaya». Passport availability of social infrastructure [*GUP «Mosgortrans». Avtostantsiya «Tushinskaya». Passport dostupnosti ob'ekta sotsialnoi infrastruktury*]. [Electronic resource]: <http://www.mosgortrans.ru/about/branches/av/avtostancija-tushinskaja/>. Last accessed 24.12.2018.

9. State Unitary Enterprise «Mosgortrans». Bus station «Tyoply Stan». Passport availability of social infrastructure [*GUP «Mosgortrans». Avtostantsiya «Tyoply Stan». Passport dostupnosti ob'ekta sotsialnoi infrastruktury*]. [Electronic resource]: <http://www.mosgortrans.ru/about/branches/av/avtostancija-teplyi-stan/>. Last accessed 24.12.2018.

10. SP [Set of Rules] 35-101-2001 «Designing of buildings and structures, taking into account accessibility for people with limited mobility. General Provisions» (approved by the Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation No. 70 of July 16, 2001) [*SP 35-101-2001 «Proektirovanie zdanii i sooruzhenii s uchetom dostupnosti dlya malomobilnykh grupp naseleniya. Obshchie polozheniya» (odobren postanovleniem Gosstroya RF ot 16.07.2001 No. 70)*]. [Electronic resource]:



<http://docs.cntd.ru/document/1200023318>. Last accessed 24.12.2018.

11. SP [Set of Rules] 31-102-99 «Requirements for accessibility of public buildings and facilities for people with disabilities and other low-mobility visitors» (adopted by the Resolution of the State Construction Committee of the Russian Federation of November 29, 1999 No. 73) [SP 31-102-99 «*Trebovaniya dostupnosti obshchestvennykh zdaniy i sooruzheniy dlya invalidov i drugikh malomobilnykh posetiteley*» (prinyat Postanovleniem Gosstroya RF ot 29.11.1999 No. 73)]. [Electronic resource]: <http://docs.cntd.ru/document/1200006300>. Last accessed 24.12.2018.

12. Bludyan, N. O., Moroz, D. G., Shestopalov, N. Yu. Evaluation and selection of the type of vehicle for taxi transportation [Otsenka i vybor tipa transportnogo sredstva dlya taksomotornykh perevozk]. *Vestnik MADI*, 2018, Iss. 3, pp. 115–121.

13. Bludyan, N. O., Akhokhov, A. A., Dorofeyuk, Yu. A., Chernyavsky, A. L. Independent multivariate examination in the task of managing inter-regional bus transportation [Nezavisimaya mnogovariantnaya ekspertiza v zadache upravleniya mezhregionalnymi avtobusnymi perevozkami]. *Large systems management: collection of works*, 2013, Iss. 46, pp. 163–178.

14. Bludyan, N. O., Akhokhov, A. A., Dorofeyuk, Yu. A., Chernyavsky, A. L. Methods of collective multivariate expertise in the task of regulating the market of interregional bus transportation [Metody kolektivnoi mnogovariantnoi ekspertizy v zadache regulirovaniya rynka mezhregionalnykh avtobusnykh perevozk]. *Innovatsii i investitsii*, 2013, Iss. 4, pp. 214–217.

15. Bludyan, N. O., Akhokhov, A. A., Dorofeyuk, Yu. A., Chernyavsky, A. L. Development of a management system for inter-regional bus transportation based on collective multivariate examination methods [Razrabotka sistemy upravleniya mezhregionalnymi avtobusnymi perevozkami na baze metodov kolektivnoi mnogovariantnoi ekspertizy]. *Problemy upravleniya*, 2013, Iss. 4, pp. 29–38.

16. Register of municipal routes of regular transportation of passengers and baggage by road and ground electric transport in the city of Moscow [Reestr munitsipalnykh marshrutov regulyarnykh perevozk passazhirov i bagazha avtomobilnym i nazemnym elektricheskim transportom v gorode Moskve]. [Electronic resource]: <https://www.mos.ru/dt/function/razvitiye-nazemnogo-obshchestvennogo-transporta/reestr-regulyarnykh-marshrutov/>. Last accessed 24.12.2018.

17. The draft Public Contract for provision of services for provision of transport services for the population by public transport on the routes of regular transportation of passengers and baggage by road in urban traffic [Proekt Gosudarstvennogo kontrakta na okazanie uslug po obespechniyu transportnogo obsluzhivaniya naseleniya avtomobilnym transportom obshchego polzovaniya na marshrutakh regulyarnykh perevozk passazhirov i bagazha avtomobilnym transportom v gorodskom soobshchenii]. [Electronic resource]: <http://zakupki.gov.ru/44fz/filestore/public/1.0/download/priz/file.html?uid=011D6050DCE3418DA4370D88A4D898A3> Last accessed 24.12.2018.

18. UNECE Regulation No. 107 «Uniform provisions concerning the approval of category M2 or M3 vehicles with regard to their general construction [Pravila No. 107 EEK OON «*Edinoobraznie predpisaniya, kasayushchiesya ofitsialnogo utverzheniya transportnykh sredstv kategorii M2 i M3 v otnoshenii ikh obshchei konstruktivnoy*»]. [Electronic resource]: <https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts/technicalregulations/eecrules>. Last accessed 24.12.2018.

19. Government Decree of February 14, 2009 No. 112 «On approval of the Rules for transportation of passengers and baggage by road and urban ground electric transport» (as amended and supplemented) [Postanovlenie pravitelstva RF ot 14 fevralya 2009 No. 112 «*Ob utverzhenii Pravil perevozok passazhirov i bagazha avtomobilnym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom*» (s izmeneniyami i dopolneniyami)]. [Electronic resource]: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_85364/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_85364/92d969e26a4326c5d02fa79b8f9cf4994ee5633b/). Last accessed 24.12.2018.

20. Resolution of the Government of Moscow of December 22, 2017 No. 1073-PP «On Amendments to the Resolution of the Government of Moscow of December 15, 2015 No. 880-PP» [Postanovlenie Pravitelstva Moskvy ot 22 dekabrya 2017 No. 1073-PP «*O vnesenii izmenenii v postanovlenie Pravitelstva Moskvy ot 15 dekabrya 2015 No. 880-PP*»]. [Electronic resource]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/49518376/> Last accessed 24.12.2018.

21. Territorial body of the Federal State Statistics Service for the city of Moscow. Official statistics. Standard of living. The average per capita income of the population in 2018 [Territorialniy organ Federalnoi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po gorodu Moskve. Ofitsialnaya statistika. Uroven zhizni. Srednedushchie denezhnie dokhody naseleniya v 2018]. [Electronic resource]: [http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_ts/moscow/resources/ddc9f900449829339b6b6ff20d5236cbc/srdushddn.doc](http://moscow.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_ts/moscow/resources/ddc9f900449829339b6b6ff20d5236cbc/srdushddn.doc). Last accessed 24.12.2018.

22. Law of the Russian Federation «On Protection of Consumer Rights» dated 07.02.1992, No. 2300-1 [Zakon RF «*O zashchite prav potrebitel'ev*» ot 07.02.1992 No. 2300-1]. [Electronic resource]: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_305/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_305/). Last accessed 24.12.2018.

23. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of April 13, 2018 No. NA-55-r «On amendments to the social standard of transport services for the population in transportation of passengers and baggage by road and urban ground electric transport, approved by the order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 31 January 2017 No. NA-19-r [Rasporyazhenie Ministrestva transporta RF ot 13 aprelya 2018 No. NA-55-r «*O vnesenii izmenenii v sotsialniy standart transportnogo obsluzhivaniya naseleniya pri osushchestvlenii perevozk passazhirov i bagazha avtomobilnym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom, utverzhdenniy rasporyazheniem Ministerstva transporta Rossiiskoi Federatsii ot 31 yanvarya 2017 No. NA-19-r*»]. [Electronic resource]: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71837354/#ixzz5SW5Ft8hwK>. Last accessed 24.12.2018.

Information about the authors:

**Kudryashov, Maxim A.** – head of a sector of the Personnel service of Mosgortrans [Moscow Urban Transport] State Unitary Enterprise, Moscow, Russia, [sparky5@yandex.ru](mailto:sparky5@yandex.ru).

**Ayriev, Radion S.** – advisor to the deputy general director of Mosgortrans [Moscow Urban Transport] State Unitary Enterprise, Moscow, Russia, [ayrievrs@mail.ru](mailto:ayrievrs@mail.ru).

**Prokopenkov, Alexander V.** – master's student at the department of Road transportation of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, [prokopenkovaleksandr@gmail.com](mailto:prokopenkovaleksandr@gmail.com).

Article received 24.12.2018, accepted 21.02.2019.



## ДВА МОСКОВСКИХ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ДИАМЕТРА ГОТОВЯТСЯ К ОТКРЫТИЮ

**Б**лагодаря им горожане смогут сократить время в пути при поездках по городу. Кроме того, разгрузятся автомобильные дороги.

В столице готовятся запустить движение по двум Московским центральным диаметрам (МЦД), сообщил Сергей Собянин в прямом эфире телеканала «ТВ Центр».

«Московские центральные диаметры – это новый проект, и мы активно работаем с «Российскими железными дорогами», готовим к открытию первые два диаметра», – сказал мэр Москвы.

По его мнению, такие мегапроекты, связанные с железной дорогой, разгружают автомобильные дороги, улучшают экологию Москвы, и в целом для города и Подмоскovie они очень выгодны.

«Мы считаем не только стоимость затрат на проезд и доходы от билетов, а мы учитываем синергетический эффект для экономики города, потому что, чем быстрее и ком-

фортнее люди доезжают от дома до места работы и обратно, тем больше производительность труда, тем выше качество жизни, тем лучше здоровье, больше времени остаётся на досуг», – отметил Сергей Собянин.

На первых двух МЦД будет 42 пересадки на станции метро, МЦК и железной дороги.

Помимо ОАО «РЖД», участие в проекте принимает и Центральная пригородная пассажирская компания (ЦППК).

«Для того чтобы они реконструировали платформы не только за счёт их собственных средств, мы выделили ещё дополнительный грант от города, чтобы работа была сделана быстрее и качественнее. Плюс огромный объём работ по благоустройству рядом с этими линиями, плюс субсидирование этого проекта», – добавил Сергей Собянин.

По материалам сайта мэра Москвы:  
<https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/5483050> ●

## CITY IS READY TO OPEN FIRST TWO MOSCOW CENTRAL DIAMETERS

**T**he new routes will reduce cross-city trip durations and traffic jams. The city is preparing to launch two Moscow Central Diameters, Moscow Mayor Sergei Sobyenin said during a live TV Centre show.

«Moscow Central Diameters are a new project, and we are working vigorously with Russian Railways and preparing to launch the first two Central Diameters», the Mayor enthused.

According to Mr. Sobyenin, these megaprojects linked with railways not only reduce traffic jams but also help improve the capital's environment. Everybody's happy, both the city as well as the Moscow Region.

«Apart from calculating the cost of fares and ticket revenues, we pay attention to synergy being generated by the city's economy because labour productivity, quality of life, health and extra leisure opportunities are directly proportional to faster and more comfortable trips from home to work and back», Mr. Sobyenin explained.

Russian Railways and the Central Suburban Passenger Company are both involved in the project.

«The city has allocated additional funds, so that those transport companies will not have to carry the whole cost of the maintenance work on the platforms and this will make it possible to accelerate the job and step-up its quality. Additionally, we have to work on improvement projects near these lines, plus project subsidies», Mr. Sobyenin added.

**Note.** *The Moscow Central Diameters are cross-city railway lines where modern Ivofga (Oriole) trains will operate. During the rush hour they'll be trains every five to six minutes. The diameters will have 42 interchange stations with metro, Moscow Central Circle line, and other railways' stations, allowing people to speedily get across the entire city in just 40 minutes. Like the metro, the new routes will be open from 5.30 am until 1 am. The ticket system will be the same as for the city's public transport.*

Compiled from the Web-site of the Mayor of Moscow: <https://www.mos.ru/en/news/item/52386073> ●





# Анализ доступности железнодорожного транспорта для населения крупных агломераций



Екатерина КУЛИКОВА  
Ekaterina B. KULIKOVA

Ольга МАДЯР  
Olga N. MADYAR



Александр ГАЛИЦКИЙ  
Alexander V. GALITSKY

*Куликова Екатерина Борисовна – кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.  
Мадяр Ольга Николаевна – аспирант Российского университета транспорта, Москва, Россия.  
Галицкий Александр Викторович – руководитель коммерческого управления ООО «ГРС», Москва, Россия.*

**Analysis of Accessibility of Railway Transport for Residents of Large Urban Agglomerations**  
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 172)

**В центре исследования находится совершенствование пассажирских перевозок железнодорожным транспортом, их доступности, качества связанных с ними услуг для жителей крупных агломераций. Рассматриваются вопросы соотношения роста скорости перемещения пассажиров, дальности поездки, спектра и качества предоставляемых перевозчиком услуг, равно как планирования пассажирских перевозок и схем пространственного развития городов. Особое внимание уделено малоизученному до сих пор аспекту – совершенствованию технологии пассажирских перевозок железнодорожным транспортом за счёт назначения остановок пассажирских поездов дальнего следования (в том числе скорых, скоростных и высокоскоростных) в пригородных зонах крупных агломераций. Делается вывод о необходимости продолжения исследований в отношении транспортных потребностей населения агломераций, выявления особенностей и закономерностей изменения пассажиропотоков, зарождающихся и погашающихся в пригородных зонах. Это может повысить привлекательность железнодорожного транспорта и его доступность для населения многих городов за счёт ощутимого для пассажира сокращения средневзвешенных стоимостных и временных транспортных затрат.**

**Ключевые слова:** железные дороги, пассажирские перевозки, городские агломерации, клиентоориентированность, качество услуг.

**П**отребность в перевозке является одной из первоочередных социально-культурных потребностей граждан. Транспортные продукты, которые железнодорожные компании-перевозчики предлагают на транспортном рынке, должны отражать интересы пассажиров с точки зрения комфорта подвижного состава и инфраструктуры, системы организации перевозочного процесса (частота отправления пассажирского поезда, маршрутная скорость, удобство расписания движения, количество остановок по маршруту и ряд иных критериев), а также отвечать потребительскому спросу потенциальных пассажиров. Только в этом случае возможны здоровая конкуренция железных дорог с другими видами транспорта и эффективная борьба за пассажира.

За последние 20 лет конфигурация и структура агломераций<sup>1</sup> изменились

<sup>1</sup> Крупнейшие города совместно с пригородами (посёлки городского типа, города более низких классов по населению и т.д.) со стремлящимися к центру крупного города пассажиропотоками.

принципиальным образом, сохраняя в ходе постоянного развития тенденции уплотнения ядра, усложнения их структуры и периметрического расширения. Происходит не только расширение границ города-ядра в пригороды, но и увеличение во все стороны самой агломерации, что значительно обостряет её транспортные проблемы. Темпы развития транспортной сети растущей агломерации зачастую не соответствуют темпам и особенностям изменения территории самой агломерации [1].

В условиях наметившейся в России тенденции снижения доли железнодорожного транспорта в общем объёме пассажирских перевозок компании-перевозчики всё чаще предпринимают усилия, направленные на повышение качества сопутствующих и дополнительных услуг (каналы и способы реализации проездных документов, различные маркетинговые акции и предложения, обучение персонала клиентоориентированному подходу к обслуживанию пассажиров и пр.). При этом основная услуга — перевозка, имеющая серьёзные резервы не только для удержания, но и для привлечения дополнительных пассажиров, остаётся сегодня без должного внимания.

Совершенствование технологии пассажирских перевозок железнодорожным транспортом за счёт определения целесообразности назначения остановок пассажирских поездов дальнего следования (в том числе скорых, скоростных и высокоскоростных) в пригородных зонах крупных агломераций — это один из важнейших резервов повышения качества обслуживания пассажиров и конкурентоспособности железнодорожного транспорта на транспортном рынке. Этот ресурс позволяет пассажиру, проживающему в пригородной зоне агломерации, серьёзно сократить свои средневзвешенные стоимостные и временные транспортные затраты, связанные с поездкой «от двери до двери» на расстояние свыше 200 км, что крайне актуально для клиента сегодня, когда высокие скорости в сочетании с комфортными условиями поездки зачастую являются для пассажира определяющими факторами при выборе вида транспорта.

Анализ показателей работы железнодорожного пассажирского комплекса за по-

следние пять лет показал стабильный среднегодовой темп роста рынка скоростного сообщения в 3–5 % в год, за счёт которого пассажирооборот в дальнем сообщении в целом последние два года имеет незначительный прирост на 2–3 %. При этом, несмотря на увеличение общих объёмов пассажирских перевозок, наблюдается тенденция постепенного сокращения средней дальности поездок пассажиров. Если в 2010 году средняя дальность поездки пассажира на железнодорожном транспорте составляла 1020 км, то в 2018 году уже всего 943 км и, по оценкам экспертов Центра экономики инфраструктуры, к 2025 году не будет превышать 800 км [2]. Такая тенденция обусловлена целым рядом факторов, основным из которых является изменение ритма жизни жителей крупных городов.

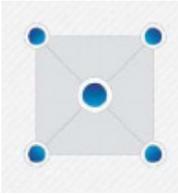
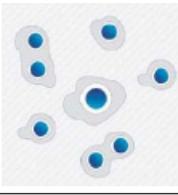
Разумеется, возможности инфраструктуры и подвижного состава не позволяют компаниям-перевозчикам на железнодорожном транспорте привлекать пассажира за счёт постоянного повышения маршрутных скоростей [3]. Однако сегодня есть другие возможности и резервы повышения качества транспортного продукта за счёт совершенствования системы организации перевозочного процесса, которые компании-перевозчики не всегда учитывают на маршрутах с дальностью следования более 200 км.

Кроме того, практически отсутствуют фундаментальные научные исследования в области пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте, учитывающие влияние на систему организации пассажирских перевозок в дальнем сообщении быстро изменяющейся структуры и географии крупных городов и растущих агломераций, а также усиливающейся степени интеграции маршрутов различных категорий пассажирских поездов между собой в крупных транспортных узлах.

Планирование пассажирских перевозок железнодорожным транспортом в целом — непростая задача. А в крупных агломерациях, где характер поездок населения, размеры и структура пассажиропотоков зависят от огромного количества факторов, задача усложняется кратно [4]. При этом важно учитывать потребности в передвижении населения не только городов, но



Виды и характеристики пространственных моделей агломераций

Наименование модели агломерации	Краткая характеристика модели агломерации	Структурный вид
Моноцентрическая	Развитие сосредоточено в существующем центре, от которого кругами расходятся зоны расширения и развития	
Полицентрическая	Развитие компактного города с максимальным переосвоением городских земель и развитием, тесно связанных между собой и с главным городом, городов-спутников	
Рассеянная	Развитие города сопровождается развитием ряда несвязанных между собой объектов	
Лучевая	Развитие города вдоль транспортных коридоров с образованием в каждом из них «лучей» развития, тесно связанных с главным городом, но совершенно необязательно – между собой	

и пригородных зон агломераций, доля жителей которых по различным оценкам составляет от 30 % до 60 % от общего числа проживающих в агломерации. Важно правильно понимать закономерности транспортного поведения и распределения населения пригородных зон между различными видами транспорта [5]. Так, например, для населения, нуждающегося в перемещении между периферийными районами и центром агломераций, характер изменения пассажиропотока на расстоянии до 200 км понятен – постепенное нарастание или убывание пассажиропотоков в зависимости от направления движения относительно головной станции, что позволяет традиционным образом планировать обслуживание пассажиров пригородными поездами. Однако если речь идёт о потребностях жителей пригородной зоны агломерации в перемещениях на расстояния свыше 200 км и в направлениях отличных от ядра агломерации, то выявление характера, структуры и особенностей таких

пассажиропотоков представляется весьма непростой задачей, которая сегодня не решается на практике.

Наиболее близкими к России по системе организации пассажирских перевозок и условиям деятельности пассажирских компаний являются страны Европы и США. В США пассажирские железнодорожные перевозки пользуются низким потребительским спросом, что объясняется высокой конкуренцией с автотранспортом (в том числе и личным), предлагающим невысокие тарифы, меньшее время доставки, большую частоту движения и минимальные интервалы при отправлении. Исключение составляет «Северо-восточный коридор» – железнодорожная линия Бостон–Нью-Йорк–Вашингтон–Ричмонд, так как это единственная протяжённая электрифицированная железнодорожная линия в США с преимущественно скоростным движением. В настоящее время пассажирскими железнодорожными перевозками занима-

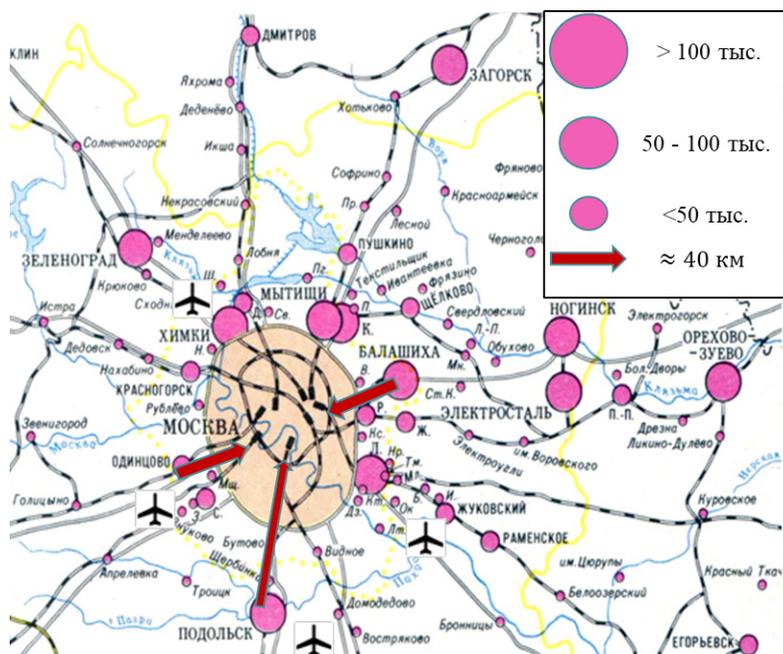


Рис. 1. Агломеративные центры Московского транспортного узла.

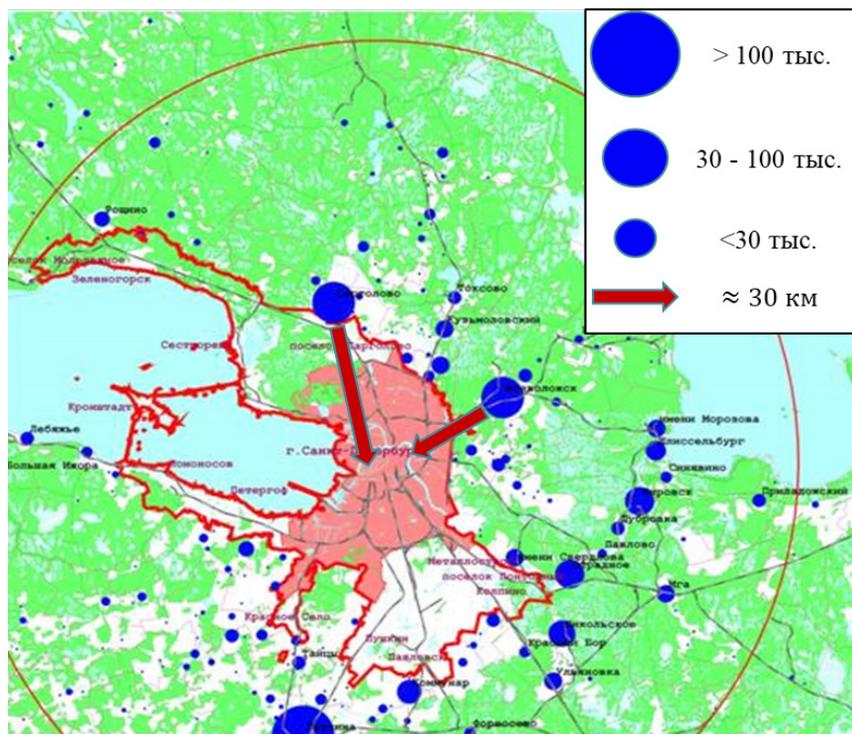


Рис. 2. Агломеративные центры Санкт-Петербургского транспортного узла.

ется компания Amtrak, которая оперирует приблизительно 130–150 парами поездов в сутки и имеет протяжённость собственных путей 1175 км. Для некоторых пасса-

жирских поездов в пределах участка Нью-Йорк–Вашингтон (станции Ньюарк, Вильмингтон) остановки осуществляются только при наличии пассажиров, о кото-



рых известно заранее, и о чём сообщено машинисту.

В Польше, Германии и Испании популярностью пользуются среднемагистральные пассажирские перевозки и перевозки на небольшие расстояния в связи с ежедневными трудовыми миграциями.

На основе проведённого анализа назначение остановок пассажирских поездов в зарубежной практике осуществляется следующим образом:

- пассажирские поезда имеют остановки как в черте города, так и в пригородных зонах;
- курсирует категория поездов – «региональный поезд», с дальностью маршрута следования от 100 до 1000 км;
- железнодорожные узлы в основном имеют радиально-кольцевую или радиально-полукольцевую схему;
- остановочными пунктами являются крупные ТПУ станций или вокзальные комплексы;
- для США («Северо-восточный коридор») количество остановок в одном транспортном узле составляет от 4 до 6;
- для Европы (Польша, Германия, Испания) количество остановок в одном транспортном узле составляет от 2 до 5.

Кроме особенностей и характеристик пассажиропотоков, важно правильно оценивать и территориальные особенности самих агломераций, тенденции их развития и сложности структуры [6]. Учитывая градостроительные ограничения и особые условия использования территории, выделяют несколько типов (моделей) пространственного развития агломераций (таблица 1).

В России преобладают моноцентрические агломерации с одним городом-ядром, который подчиняет своему влиянию все населённые пункты его пригородной зоны. Центр агломерации в этом случае, превосходит по размеру и экономическому развитию свою пригородную зону. Все виды транспорта, обслуживающие население как ядра, так и пригородной зоны агломерации, являются составной частью сложной единой транспортной системы, формирующей так называемый транспортный узел [7, 8].

Крупнейшими агломерациями с развитыми транспортными узлами являются: Москва и Московская область, Санкт-Петербург и Ленинградская область, Новоси-

бирск, Екатеринбург, Нижний Новгород с их пригородами.

На рисунках 1, 2 приведены схемы Московского и Санкт-Петербургского транспортных узлов с ближайшими пригородами и городами агломерации.

Показателен пример Московской агломерации. Суммарные объёмы пассажиров, отправленных поездами дальнего следования с восьми железнодорожных вокзальных комплексов Московского железнодорожного узла, составляет около 50 млн чел. в год. При этом анализ графика движения пассажирских поездов и системы организации обслуживания пассажиров в Московском транспортном узле позволил выявить следующие особенности [9]:

- из 125 пассажирских поездов дальнего следования ни один не останавливается в радиусе 200 км от центральных вокзальных комплексов города Москвы;
- население пригородной зоны составляет 40 % от всего населения Московской агломерации;
- средняя удалённость места жительства населения пригородной зоны от центральных московских вокзальных комплексов составляет около 40–50 км;
- 2–3 вида транспорта использует в среднем житель пригородной зоны, чтобы добраться от центрального московского вокзала до места жительства (и наоборот), затрачивая на это не менее 1,5 часов дополнительного времени (в одну сторону).

Очевидно, что пассажиры поездов дальнего следования, проживающие в пригородной зоне Московской агломерации, испытывают явные неудобства, добираясь до центральных вокзальных комплексов и обратно. А компании-перевозчики на железнодорожном транспорте никак не используют такой инструмент, как назначение остановок отдельным поездам дальнего следования в пригородной зоне крупных агломераций с целью повышения уровня транспортной доступности для проживающего там населения.

Аналогичная ситуация прослеживается и по Санкт-Петербургскому транспортному узлу.

Назначение дополнительных остановок пассажирским поездам дальнего следования в пригородной зоне крупней-



ших транспортных узлов при соответствующем обосновании и комплексной оценке целесообразности может дать целый ряд положительных эффектов:

- сокращение «возвратных» пассажиропотоков на участке следования пассажирского поезда в двухсоткилометровой зоне;
- перераспределение величины пассажиропотоков между пассажирскими поездами в дальнем и пригородном сообщениях;
- снижение нагрузки на крупные железнодорожные вокзальные комплексы;
- в целом повышение транспортной доступности и качества обслуживания населения крупных агломераций, позволяющее привлечь дополнительный пассажиропоток на железнодорожный транспорт.

Очевидно, проблема связана с отсутствием сегодня чёткой, понятной и обоснованной методики определения целесообразности назначения дополнительных остановок пассажирским поездам дальнего следования в пригородных зонах крупных железнодорожных узлов. Методика должна использовать логические закономерности формирования пассажиропотоков на выбранных направлениях, учитывать технико-технологические особенности используемого компанией-перевозчиком железнодорожного подвижного состава, пассажирской инфраструктуры и пассажирских устройств крупного железнодорожного узла в целом и отдельных его направлений, особенности системы организации перевозок пассажиров на принципах мультимодальности и принципы формирования транспортно-пересадочных узлов [10, с. 12–16].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Влиянию быстро изменяющейся структуры крупных городов и растущих агломераций на систему организации обслуживания их населения железнодорожным транспортом сегодня не уделяется должного внимания. Внимательное изучение транспортных потребностей населения агломераций, выявление особенностей и закономерностей изменения пассажиропотоков, зарождающихся и погашающихся в пригородных зонах крупнейших

городов, позволят перевозочным компаниям значительно лучше понимать рынок транспортных услуг, выявлять дополнительные резервы оптимизации своих ресурсов, разрабатывать и предлагать пассажиру новые востребованные транспортные продукты. В частности, рациональное и обоснованное назначение остановок пассажирских поездов дальнего следования в пригородных зонах крупных агломераций является одним из инструментов, позволяющих повысить привлекательность железнодорожного транспорта и его доступность для населения многих городов за счёт ощутимого для пассажира сокращения средневзвешенных стоимостных и временных транспортных затрат.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Менделев Г. А. Транспорт в планировке городов. – М.: МАДИ, 2005. – 135с.
2. Материалы сайта «Центр Экономики Инфраструктуры». [Электронный ресурс]: <https://ru-ru.facebook.com/infraeconomy>. Доступ 17.04.2019.
3. Вакуленко С. П., Колин А. В. Разработка проектных решений и бизнес-планов в сфере организации железнодорожных и пригородно-городских пассажирских перевозок. – М.: МИИТ, 2004. – 110 с.
4. Белозёров В. Л. [и др.]. Железнодорожные пассажирские перевозки. Коллективная монография / Под ред. Г. В. Верховых; ПГУПС. СПб.: Русич, Паллада-медиа. – 2012. – 520 с.
5. Шнейдер М. А., Проскуракова Е. А. Рынок пригородных железнодорожных перевозок. Управление и экономика. – М.: НП-Принт. – 2012. – 288 с.
6. Мазуркина О. Н. Москва новая – приоритеты старые // Мир транспорта. – 2013. – № 4. – С. 114–117
7. Пазойский Ю. О. Оптимизация параметров системы освоения пригородных пассажиропотоков в условиях мегаполиса / Дис... док. техн. наук. – М.: Московский государственный университет путей сообщения, 2000. – 339 с.
8. Мустапаева А. Д., Вахитова Л. В. К вопросу о целесообразности назначения и отмены пассажирских поездов с учётом уровня пропускной способности железнодорожного направления // Вестник КазНУТУ им. К. И. Сатпаева. – 2006. – № 4. [Электронный ресурс]: <http://e-lib.kazntu.kz/articles/info/2006/4>. Доступ 25.03.2019.
9. Алиев А. С., Стрельников А. И., Швецов В. И., Шершевский Ю. З. Моделирование транспортных потоков в крупном городе с применением к Московской агломерации // Автоматика и телемеханика. – 2005. – Т. 11. – С. 113–125.
10. Куликова Е. Б., Копылова Е. В. Единые требования к формированию транспортно-пересадочных узлов и транспортно-пересадочных комплексов на сети железных дорог ОАО «РЖД». – М.: Московский государственный университет путей сообщения, 2016. – 122 с.

Координаты авторов: **Куликова Е. Б.** – [iuit\\_kulikova@inbox.ru](mailto:iuit_kulikova@inbox.ru), **Мадяр О. Н.** – [o\\_madyar90@mail.ru](mailto:o_madyar90@mail.ru), **Галицкий А. В.** – [galitsky\\_alexandr@mail.ru](mailto:galitsky_alexandr@mail.ru).

Статья поступила в редакцию 25.03.2019, принята к публикации 29.04.2019





## ANALYSIS OF ACCESSIBILITY OF RAILWAY TRANSPORT FOR RESIDENTS OF LARGE URBAN AGGLOMERATIONS

*Kulikova, Ekaterina B., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Madyar, Olga N., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Galitsky, Alexander V., LLC GRS; Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

The study is focused on improvement of passenger transportation by rail transport, its availability, quality of related services for residents of large agglomerations. Correlation of growth in speed of movement of passengers, distance of travel, range and quality of services provided by the carrier, as well as planning of passenger traffic and spatial urban development models are considered. Particular attention is paid to the analysis of the improvement of passenger transportation by rail transport by assigning stops for long-distance passenger trains (including fast, speed and high-speed trains) in suburban areas of large

agglomerations, since that aspect has not been yet sufficiently studied.

It is concluded that it is necessary to continue research on transportation needs of the population of the agglomerations, to identify the features and patterns of changes in passenger traffic, emerging and redeeming in the suburban areas of the largest cities. This will allow transportation companies to better understand the transport services market, to develop and offer new transportation products to the population. That approach can increase the attractiveness of rail transport and its availability for the population of many cities thanks to a significant reduction in weighted average costs and travel time expenditures for passengers.

*Keywords:* railways, passenger transportation, urban agglomerations, customer focus, quality of services.

**Background.** *The need for transportation is one of the priority social and cultural needs of citizens. Transport products that railway carriers offer on the transport market should reflect the interests of passengers in terms of rolling stock comfort, infrastructure, transportation process organization system (passenger train departure frequency, route speed, convenience of timetables, number of stops along the route and a number of other criteria), as well as meet the consumer demand of potential passengers. Only in this case the healthy and effective competition of the railway with other modes of transport for the passenger is possible.*

*Over the past 20 years, the configuration and structure of agglomerations<sup>1</sup> have changed in a fundamental way, developing and maintaining the tendency to compaction of the core, complication of their structure and perimetric expansion. Not only the city-core expands its borders to the suburbs, but the agglomeration itself grows in all directions, which greatly aggravates its transport problems. The pace of development of a growing agglomeration transport network often does not correspond to the pace and peculiarities of changes in the territory of the agglomeration itself [1].*

**Objective.** *The objective of the authors is to provide analysis of enhanced availability of railway transport for population of large agglomerations.*

**Methods.** *The authors use general scientific methods, comparative, statistics, transportation analysis, evaluation approach, scientific description.*

**Results.** *In terms of the trend of the reduction of the share of rail transport in the total passenger transportation in Russia, carrier companies are increasingly making efforts to improve the quality of related and additional services (channels and methods for ticketing, various marketing campaigns and offers, staff training in the field of customer-focused passenger service, etc.). At the same time, the main service – transportation, which has significant*

*capacity not only for retaining the existing, but also for attracting additional passengers, remains without proper attention today.*

*Improving the technology of passenger transportation by rail transport by determining the feasibility of appointing passenger long-distance train stops (including fast, speed and high-speed trains) in suburban areas of large agglomerations is one of the most important possible tools for improving the quality of passenger service and competitiveness of railway transport in the transport market. Implementation of that approach allows a passenger living in the suburban metropolitan area to seriously reduce weighted average costs and travel time expenditures associated with a door-to-door journey over 200 km, which is extremely important for a customer today when high speeds combined with comfortable travel conditions are often decisive for a passenger when choosing a mode of transport.*

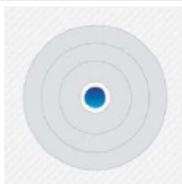
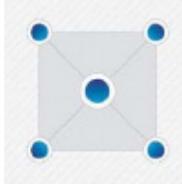
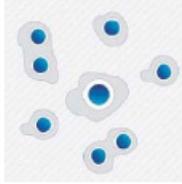
*Analysis of the performance of the railway passenger transportation in Russia over the past five years has shown a stable average annual growth rate of the market for high-speed traffic of 3–5 % per year, due to which passenger turnover in long-distance traffic as a whole has had an insignificant increase of 2–3 % over the past two years. At the same time, despite an increase in the total volume of passenger transportation, there is a tendency to a gradual reduction in the average distance of passenger travel. In 2010 the average distance of a passenger travel by rail was 1020 km, then in 2018 it was only 943 km and, according to experts of the Center to the Economics of Infrastructure, by 2025 it will not exceed 800 km [2]. This trend is due to a number of factors, the main of which is the change in the rhythm of life of residents of large cities.*

*Of course, the infrastructure and rolling stock capabilities do not always allow railway carriers to attract passengers due to the constant increase in route speeds [3]. However, today there are other opportunities for improving quality of the transport product by improving organization of the transportation process, which carrier companies do not always take into account on routes with a range of more than 200 km.*

<sup>1</sup> The largest cities together with the suburbs (urban-type settlements, lower-class cities in terms of population, etc.) with passenger traffic aspiring to the center of a large city.

Table 1

## Types and characteristics of spatial agglomeration models

Name of agglomeration model	Brief description of agglomeration model	Structural view
Monocentric	Development is concentrated in the existing center, from which zones of expansion and development diverge in circles.	
Polycentric	Development of a compact city with maximum redevelopment of urban land and development, closely connected with each other and with the main city, satellite cities	
Dispersed	City development is accompanied by development of a number of unrelated objects.	
Radial	City development takes place along transport corridors and is associated with development in each of them of development «rays», which are closely connected with the main city, but not necessarily between each other.	

Besides, fundamental scientific research in the field of passenger transportation by railway transport is insufficient in terms of the impact of the rapidly changing structure and geography of large cities and growing agglomerations, as well as of the increasing degree of integration of routes of various categories of passenger trains within major transportation hubs, on the long-distance passenger transportation.

Planning of passenger transportation by rail is not an easy task by itself, and in urban agglomerations, where the nature of residents' traveling, the size and structure of passenger flows depend on many factors, that task is much more complicated [4]. At the same time, it is important to take into account population's traveling needs not only in cities, but in suburban areas of agglomerations, the number of inhabitants of which, according to various estimates, ranges from 30 % to 60 %. It is important to correctly understand the patterns of transport behavior and distribution of the population of suburban areas between different modes of transport [5]. For example, if population needs to travel between peripheral areas and the center of agglomerations, the nature of changes in passenger traffic at a distance of up to 200 km is understandable, it is a gradual increase or decrease in passenger traffic, depending on the direction of movement from or to the main station, and this allows to plan the suburban train services in a traditional manner. However, if we are talking about the needs of suburban agglomeration residents in moving over

distances of more than 200 km and in directions other than the agglomeration core, then identifying the nature, structure and characteristics of such passenger traffic seems to be a very difficult task, which today is not being solved in practice.

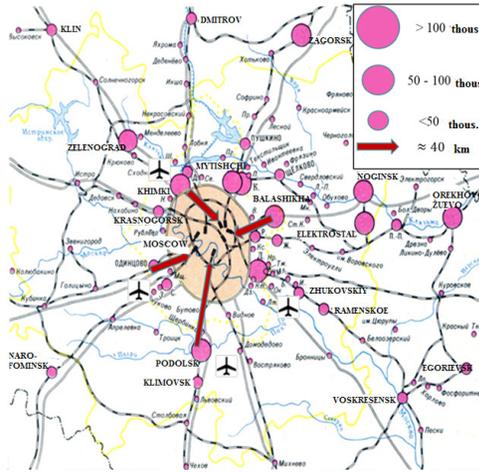
The countries closest to Russia in terms of organization of passenger transportation and the conditions of activity of passenger companies are the countries of Europe and the US. In the US, customer demand for railway transportation is low, due to high competition with road transport (including personal), offering low fares, shorter delivery times, greater traffic frequency and minimum departure intervals. The exception is the Northeast Corridor – Boston–New York–Washington–Richmond railway line, since it is the longest electrified railway line in the United States with a predominantly high-speed traffic. Currently, Amtrak, which operates about 130–150 train pairs per day and has a length of 1 175 km of its own routes, is engaged in passenger railway transportation. For some passenger trains within New York–Washington section (Newark, Wilmington stations), stops are made only if there are passengers that are known in advance, and this information is also delivered to the driver.

In Poland, Germany and Spain, medium-distance passenger transportation and transportation over short distances are popular due to daily labour migrations.

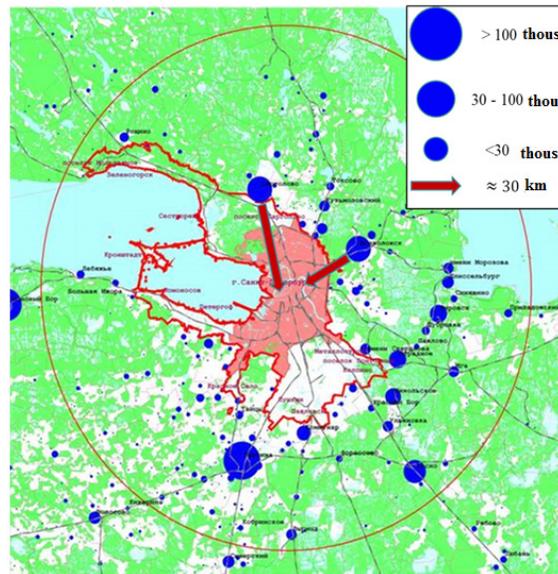
Basing on the analysis performed, the assigning of stops for passenger trains in foreign practice is as follows:



**Pic. 1. Agglomerative centers of Moscow transport hub.**



**Pic. 2. Agglomerative centers of St. Petersburg transport hub.**



- passenger trains have stops both in the city and in suburban areas;
- there are «regional trains» with a range of a route from 100 to 1000 km;
- railway junctions mainly have a radial-circular or radial-semicircular scheme;
- stopping points are at large TIH with stations or station complexes;
- for the USA («Northeast Corridor») the number of stops within a single transport hub is from 4 to 6;
- for Europe (Poland, Germany, Spain) the number of stops within a transport hub will be from 2 to 5.

In addition to the features and characteristics of passenger traffic, it is important to correctly evaluate the territorial characteristics of the agglomerations themselves, their development trends and the complexity of the structure [6]. Considering the town-planning limitations and special conditions for the use of the territory, several types (models) of the spatial development of agglomerations are distinguished (table 1).

In Russia, monocentric agglomerations with one city-core dominate, and this core city subordinates all settlements of its suburban area to its influence.

The center of agglomeration in this case exceeds its suburban area in size and economic development. All modes of transport serving the population of both the core and the suburban agglomeration zone are an integral part of a complex unified transport system forming the so-called transport hub [7, 8].

The largest agglomerations with developed transport hubs are: Moscow and Moscow region, St. Petersburg and Leningrad region, Novosibirsk, Yekaterinburg, and Nizhny Novgorod, with their suburbs.

Pic. 1, 2 show the schemes of Moscow and St. Petersburg transport hubs with the nearest suburbs and cities of agglomeration.

The example of Moscow agglomeration is indicative. The total volume of passengers traveling by long-distance trains from eight railway station complexes of Moscow railway junction is about 50 million passengers a year. The analysis of the schedule of passenger trains and organization of passenger service in Moscow transport hub allowed us to identify the following features [9]:

- out of 125 long-distance passenger trains, none have a stop within a radius of 200 km from central stations of the city of Moscow;

- the population of the suburban area comprises 40 % of the total population of Moscow agglomeration;
- the average remoteness of the place of residence of the population of the suburban area from Moscow central stations is of complexes is about 40–50 km;
- 2–3 modes of transport are used by the average commuter to get from the Moscow central station to the place of residence (and vice versa), spending at least 1,5 hours of extra time (one way).

It is obvious that passengers of long-distance trains living in the suburban area of Moscow agglomeration, suffer obvious inconvenience, getting to central stations and back. And railway transport companies do not use such a tool as assigning of stops for individual long-distance trains in the suburban area of large agglomerations in order to increase the level of transport accessibility for the residents of those areas.

A similar situation can be traced at St. Petersburg transport hub.

Assigning additional stops for passenger long-distance trains in the suburban area of the largest transport hubs, following appropriate analysis and comprehensive assessment of feasibility, can result in a number of positive effects:

- reduction of «returnable» passenger traffic within 200 km zone;
- redistribution of passenger traffic between long-distance passenger trains and commuter trains;
- reduction of load on large railway stations;
- on the whole, an increase in transport accessibility and quality of service to the population of large agglomerations, resulting in attraction of additional passenger traffic by rail.

Obviously, the problem is connected to the lack of a clear, understandable and reasonable method of determining feasibility of assigning additional stops for passenger long-distance trains in the suburban areas of large railway junctions. The method should use logical patterns of development of passenger traffic in selected areas, take into account the technical and technological features of the railway rolling stock, passenger infrastructure and passenger facilities of a large railway junction as a whole and of its individual sections, features of the system of multimode passenger transportation and the principles of development of transport interchange hubs [10, pp. 12–16].

**Conclusion.** The influence of the rapidly changing structure of large cities and of growing agglomerations on the system of organizing the provision of the population with rail transport is not given due attention today. Careful study of the transportation needs of the population of the agglomerations, identifying features and patterns of changes in passenger traffic, emerging and redeeming in the suburban areas of the largest cities, will allow transportation companies to better understand the transport services market, identify additional reserves for optimizing their resources, develop and offer new highly demanded transport products to passengers. In particular, the rational and reasonable assigning stops for passenger long-distance trains in suburban areas of large agglomerations is one of the tools that makes it possible to increase

attractiveness of rail transport and its availability to the population of many cities due to a tangible reduction in weighted average costs and travel time expenditures.

## REFERENCES

1. Mendelev, G. A. Transport in urban planning [*Transport v planirovke gorodov*]. Moscow, MADI, 2005, 135 p.
2. Publications at the Web-site of the «Center for Infrastructure Economics». [Electronic resource]: <https://ru-ru.facebook.com/infraeconomy>. Last accessed 17.04.2019.
3. Vakulenko, S.P., Kolin, A. V. Development of pre-design solutions and business plans in the field of railway and suburban-urban passenger transportation [*Razrabotka predproektnykh reshenii i biznes-planov v sfere organizatsii zheleznodorozhnykh i prigorodno-gorodskikh passazhirskikh perevozok*]. Moscow, MIIT, 2004, 110 p.
4. Belozerov, V. L. [et al.]. Railway passenger transportation [*Zheleznodorozhnie passazhirskie perevozki*]. Collective monograph. Ed. by G. V. Verkhovyykh; PGUPS. St. Petersburg, Rusich publ., Pallada media publ., 2012, 520 p.
5. Schneider, M. A., Proskuryakova, E. A. The suburban railway market. Management and economics [*Rynok prigorodnykh zheleznodorozhnykh perevozok. Upravlenie i ekonomika*]. Moscow, NP-Print, 2012, 288 p.
6. Mazurkina, O. N. Ongoing priorities for new Moscow. *World of Transport and Transportation*, Vol. 11, 2013, Iss. 4, pp. 114–117
7. Pazoisky, Yu. O. Optimization of parameters of the system for development of suburban passenger traffic in a megacity. D.Sc. (Eng) thesis. [*Optimizatsiya parametrov sistemy osvoeniya progorodnykh passazhiropotokov v usloviyakh megapolisa. Dis... dok. tekh. nauk*]. Moscow, Moscow State Institute of Railway Engineering, 2000, 339 p.
8. Mustapaeva, A. D., Vakhitova, L. V. On the issue of expediency of assigning and cancellation of passenger trains taking into account the level of throughput of the railway direction [*K voprosu o tselesoobraznosti naznacheniya i otmeny pasazhirskikh poezdov s uchetom urovnya propusknoi sposobnosti zheleznodorozhnogo napravleniya*]. *Vestnik KazNRTU*, 2006, Iss. 4. [Electronic resource]: <http://e-lib.kazntu.kz/articles/info/2006/4>. Last accessed 25.03.2019.
9. Aliev, A.S., Strelnikov, A.I., Shvetsov, V.I., Shershevsky, Yu. Z. Modeling traffic flows in a large city with application to Moscow agglomeration [*Modelirovanie transportnykh potokov v krupnom gorode s primeneniem k Moskovskoi aglomeratsii*]. *Avtomatika i telemekhanika*, 2005, Vol. 11, pp. 113–125.
10. Kulikova, E. B., Kopylova, E. V. Uniform requirements for formation of transport interchange hubs and transport interchange complexes on the railways network of JSC Russian Railways [*Edinye trebovaniya k formirovaniyu transportno-peresadochnykh uzlov i transportno-peresadochnykh kompleksov na seti zheleznykh dorog OAO RZD*]. Moscow, Moscow State Institute of Railway Engineering, 2016, 122 p. ●

Information about the authors:

**Kulikova, Ekaterina B.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [iuit\\_kulikova@inbox.ru](mailto:iuit_kulikova@inbox.ru).

**Madyar, Olga N.** – Ph.D. student of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [o\\_madyar90@mail.ru](mailto:o_madyar90@mail.ru).

**Galitsky, Alexander V.** – head of the commercial department of LLC GRS, Ph.D. student of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [galitsky\\_alexandr@mail.ru](mailto:galitsky_alexandr@mail.ru).

Article received 25.03.2019, accepted 29.04.2019.





# Модель архитектуры транспортно-логистического предприятия



Валерий КУРГАНОВ  
Valery M. KURGANOV

Алексей ДОРОФЕЕВ  
Aleksey N. DOROFEEV



Ольга НАСТАСЯК  
Olga V. NASTASYAK

*Курганов Валерий Максимович – доктор технических наук, профессор Тверского государственного университета, Тверь, Россия.*

*Дорофеев Алексей Николаевич – кандидат технических наук, доцент Финансового университета при Правительстве Российской Федерации / доцент НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия.*

*Настасьяк Ольга Борисовна – ведущий инженер, ООО Авиапредприятие «Газпром авиа», Москва, Россия.*

## Transport and Logistics Enterprise Architecture Model

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 185)

**Коренные преобразования бизнес-процессов, характерные для вступления в эпоху цифровой экономики, пока ещё в незначительной степени затронули автотранспортную отрасль страны. Цифровая трансформация предполагает кардинальный пересмотр роли информационных технологий, основанных на глубоком и всеобъемлющем анализе данных, принципиальное изменение подходов к организации автотранспортного производства. С этой целью рассматриваются концепция архитектуры предприятия, охватывающая различные аспекты формирования облика транспортно-логистической компании, а также методы моделирования системных решений.**

*Ключевые слова:* автотранспорт, архитектура предприятия, грузовые перевозки, модель бизнес-мотивации, TMS-решения.

Как показывает практика, в современных российских условиях отечественные транспортно-логистические компании недооценивают информационные технологии как актив, который является источником повышения прибыли и рентабельности. Нередко даже программное и аппаратное обеспечение (компьютеры, серверы), а также сопутствующая ИТ-инфраструктура и техническая поддержка в значительной степени воспринимаются руководителями предприятий всего лишь одной из статей вынужденных затрат. Очевидно, что для таких директоров и владельцев компаний средством производства являются тягач с полуприцепом, грузовой автомобиль, а информационная система (ИС) и средства вычислительной техники (СВТ) считаются вспомогательными и отнюдь не самыми необходимыми атрибутами организации. Более того, управленческие традиции предприятий автотранспортной сферы таковы, что многим более рациональным, с точки зрения производственных потребностей, пред-

ставляется именно ручной или полуавтоматизированный труд с использованием Excel.

Между тем развитие логистических принципов и методов организации автомобильных перевозок всё увереннее демонстрирует позитивное влияние инновационного фактора бизнес-информатики на повышение конкурентоспособности и эффективности транспортных структур.

## **ИНФОРМАЦИОННЫЕ НОСИТЕЛИ TMS-РЕШЕНИЙ**

Тенденции, которые складываются в рыночной борьбе, так или иначе (скорее больше опосредованным образом), но меняют угол зрения на транспортно-логистические проблемы, долгосрочные цели и текущие задачи профильных предприятий. При этом особое внимание уделяется вопросам формирования эффективной стратегии развития, маркетингу транспортных услуг, более продуктивной организации человеческих ресурсов, совершенствованию структуры автомобильных парков и оптимизации планирования, повышению качества перевозочного процесса. Безусловно, столь важные слагаемые помогают добиться устойчивого положения логистической компании на рынке, а также способствуют росту производительности и эффективности труда.

В то же время известно, что в логистике, кроме управления материальными и финансовыми потоками, не меньшая роль отводится грамотному использованию информационных потоков. Действительно, любому перемещению товаров и грузов, их хранению и переработке всегда сопутствует определённый документооборот, который является частью логистических бизнес-процессов и неотделим от них. Вся операционная деятельность фиксируется в соответствующих договорах, счетах, счетах-фактурах, товарно-транспортных накладных, платёжных поручениях и других формах. Непосредственно при эксплуатации автомобильного транспорта в организации цепей поставок отдельную составляющую общего информационного потока образуют путевые и маршрутные листы, ведомости о заправках и установке запасных частей и прочие операционные дан-

ные. То есть, давно очевидным фактом стало то, что любая хозяйственная деятельность логистической компании сопровождается процессами генерации, транспортирования, хранения, распространения информации, являющимися неотъемлемой её частью.

Как правило, в значительной степени этот документооборот воспринимается как некое рутинное канцелярское дело-производство, в большей части предписываемое российским законодательством с целью контроля за бухгалтерским и управленческим учётом организаций. Исходя из этого, пришло время рассматривать информационную систему с позиций автоматизации делопроизводства на базе достижений компьютерной индустрии. Например, если раньше накладные, путевые листы или ведомости формировались в Excel или вручную, то задачей ИС становится подготовка тех же самых и других подобных документов с большей скоростью и меньшей трудоёмкостью, а сетевые возможности обеспечивают многопользовательский доступ к этой информации.

Конечно, информационные технологии в определённой степени окажут благотворное влияние на эффективность организации в целом. Допустим, сократятся сроки приёма и получения грузов, выпуска автомобилей в рейс, формирования различных отчётов, причём оперативную работу может выполнять менее квалифицированный персонал и, что вполне вероятно, в меньшем количестве. Это в свою очередь является предпосылкой для снижения затрат на оплату труда. Кроме того, растёт совокупная эффективность персонала за счёт появления единого информационного пространства, обеспечивающего улучшение взаимодействия сотрудников, устранение дублирования информации, повышение уровня её доступности и достоверности. Для руководителей единая база даёт возможность в любой нужный момент получать разнообразную аналитику в производственных разрезах.

Безусловно, все эти факторы привлекательны с точки зрения улучшения технологических бизнес-процессов. Однако очень часто перед лицом, принимающим решение о вложении средств в информационную



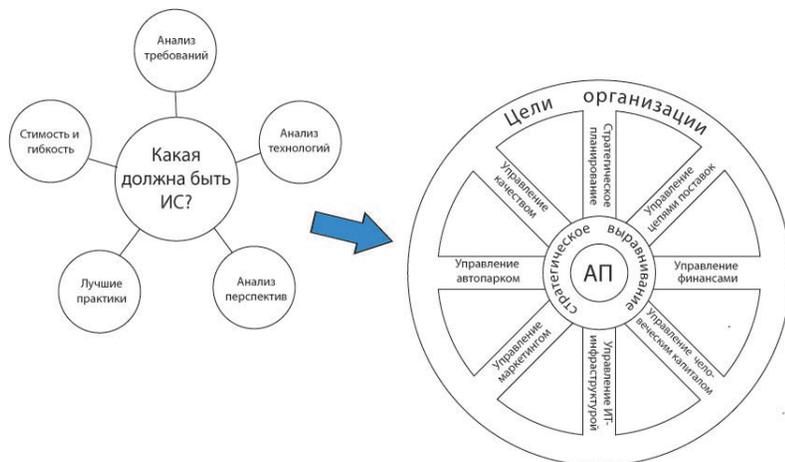


Рис. 1. Архитектура предприятия как средство интеграции транспортно-логистического бизнеса и информационных технологий [2].

систему, возникает комплекс вопросов: «Какова будет отдача от таких инвестиций? Способствуют ли они достижению бизнес-целей и какова их практическая ценность? Дадут ли преимущество в конкурентной борьбе? Насколько внедряемое программное новшество соответствует потребностям развития предприятия?».

Разумеется, подобное стратегическое видение, стремление увязать траекторию развития компании с тем бизнес-импульсом, который, как ожидается, могут придать современные информационные технологии, абсолютно естественны для руководящего лица. При этом следует отметить, что сама по себе задача оценки и выбора оптимального TMS-решения (Transportation Management System – система управления транспортом) является довольно непростой и требует всестороннего анализа деятельности предприятия. Потому и представляется целесообразным использование архитектурного подхода, который призван с участием информационных носителей объединить оперативный, тактический и стратегический аспекты управления и персонифицированный характер различных бизнес-ролей (менеджеров-логистов, специалистов по эксплуатации автомобилей, IT-специалистов, владельцев и руководителей компании).

## КОЛЕСО И СПИЦЫ

Из анализа научных источников известно, что разработке архитектуры предприятий и организаций придаётся большое

значение вследствие сложности современной IT-инфраструктуры, недостаточно гибкого восприятия потребностей в ней со стороны бизнеса. Несмотря на то, что в этой области знаний специалисты IT-индустрии занимаются исследованиями уже на протяжении почти 15 лет, процесс реализации архитектурных решений в отрасли или компании далёк от оптимального. Причём и само понятие «архитектура предприятия» (АП) до сих пор имеет несколько определений и трактовок. Например, в IEEE Standard 1471-2000 архитектура предприятия определяется как «фундаментальная организация системы, связывающая её компоненты, их взаимодействие между собой и с окружающей средой, а также принципы управления проектированием и развитием». Существует и такое лаконичное определение АП: «целостный набор описания предприятия, действующий длительное время» [1, с. 30].

У специалистов-практиков концепция архитектуры предприятия вызывает значительный скепсис. Комплексное, всестороннее и многогранное исследование деятельности компании с разных точек зрения, описание организационной структуры, включая многочисленные связи и взаимодействия, остаётся по-прежнему непростой задачей и требует специальных подходов [1, с. 22–34].

В целом наиболее упрощённую модель организации можно представить в виде колеса, центр которого или ступицу представляет архитектура предприятия, а внеш-



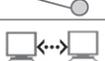
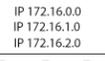
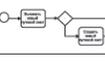
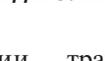
	ДАННЫЕ Что?	ФУНКЦИОНАЛ Как?	СЕТЬ Где?	ПЕРСОНАЛ Кто?	ВРЕМЯ Когда?	МОТИВАЦИЯ Почему?
Планировщик	 Бизнес-объекты	 Бизнес-процессы	 Местоположение	 Персонал	 Цикл производства	 Бизнес-цели
Собственник процессов						 Бизнес-план
Проектировщик						
Интегратор						
Разработчик		<code>select id_car from car where id_car=134</code>	<code>IP 172.16.0.0 IP 172.16.1.0 IP 172.16.2.0</code>			
Пользователь						

Рис. 2. Модель архитектуры предприятия Дж. Захмана, предложенная авторами [4, с. 386].

ним ободом являются цели компании. Восемь спиц этого колеса – управление ИТ-инфраструктурой, стратегическое планирование, управление финансами, управление производством, управление цепями поставок, управление продажами, управление маркетингом, управление человеческими ресурсами [2] – обеспечивают взаимосвязь целей, бизнес-процессов и ресурсов предприятия, а также идей и подходов по оптимизации деятельности компании. То есть, получается, что из единого центра, символизирующего стратегию организации, расходятся равные лучи, характеризующие одинаковое значение для предприятия всех указанных направлений, что предполагает равномерное поступательное движение компании (рис. 1).

С точки зрения полноты функционала примером одной из самых известных и популярных моделей является архитектура Дж. Захмана (рис. 2), которая представляет собой таблицу, отражающую различные взгляды на проектируемую информационную систему, а также её срезы и проекции. Эта таблица имеет пять (шесть) строк и шесть столбцов, они последовательно заполняются в ходе анализа соответствующих данных. Модель отражает мнение специалистов различных уровней в иерархической структуре предприятия, которых условно можно разделить на несколько категорий: «планировщик», «собственник процессов», «проектировщик», «интегратор», «разработчик», «пользователь» [3].

Так, первая строка демонстрирует стратегическое видение высшим руководством

транспортно-логистического бизнеса компании. Вторая строка отражает видение бизнес-менеджеров и владельцев процессов в отношении информационной системы как законченное решение. Третья – взгляд проектировщика на синтез бизнес-процессов предприятия, их информационной модели и технических, а также физических возможностей для автоматизации. Четвёртая и пятая строки – это точки зрения непосредственно системного интегратора и разработчика на техническую реализацию ИС. Шестая строка описывает видение уже детально проработанного решения с позиции конечного пользователя [4].

Содержимое колонки «данные» отвечает на вопрос «что?», то есть, какие информационные блоки будет включать система. Так, ячейка пересечения с первой строкой может включать информацию об основных объектах бизнеса логистической компании (транспортные средства, водители, заказчики, объекты или маршруты). Затем на втором уровне проектируется концептуальная модель, а на более низких позициях происходит дальнейшая детализация элементов информационной системы с учётом существующих данных.

Необходимо рассмотреть, каким образом бизнес-объекты отражаются в документах, сопровождающих деятельность предприятия, и как эти бизнес-объекты связаны между собой. Чаще всего такая модель представляется в виде ER-диаграммы (ER – Entity-Relationship, сущность-связь). Например, сущность «автомобиль» с атрибутами «марка», «гос. номер» вводит-



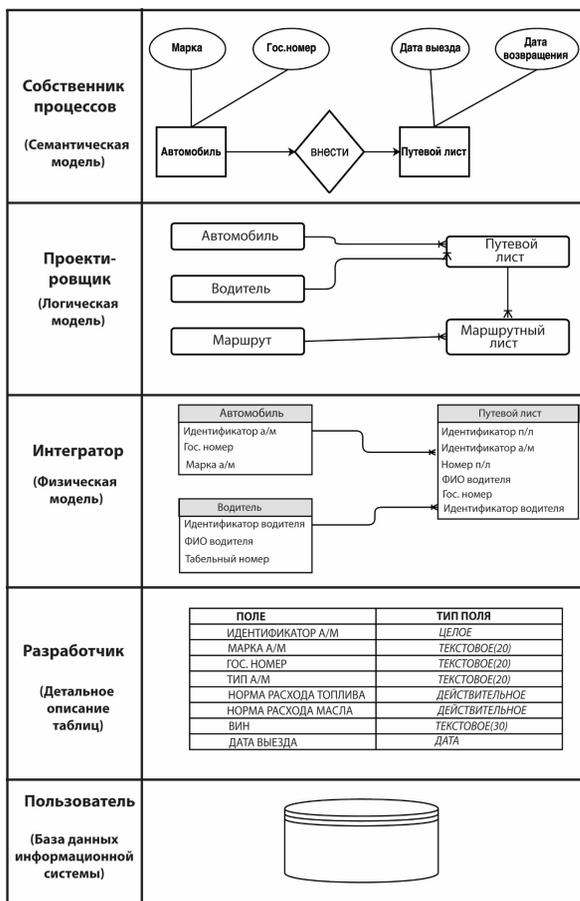


Рис. 3. Содержимое колонки «данные» отвечает на вопрос «что?».

ся (отношение «вводится») в путевой лист (сущность «путевой лист» с атрибутами «дата выезда», «дата возвращения»).

В частности, на втором уровне описывается спецификация транспортных средств (марка, модель, грузоподъёмность, тип кузова и др.), документов (путевые и маршрутные листы, заправочные ведомости, товарно-транспортные накладные) и прочего, то есть, устанавливается их семантическая взаимосвязь. На третьем уровне фактически на основании бизнес-объектов и документов, составляющих информационный поток, формируется список таблиц БД и связи между ними. На четвёртом уровне происходят нормализация таблиц, установление ключей, а на пятом – определение полей, оформляется физическая модель данных. Шестой уровень формирует непосредственно данные (рис. 3).

Содержимое колонки «функции» отвечает на вопрос «как?», то есть, с помощью каких операций будут достигнуты стратеги-

ческие цели компании. На каждом уровне степень детализации соответствует точке зрения специалиста в иерархии управления. Так, в первой ячейке этого столбца располагается список основных бизнес-процессов, находящихся в поле зрения владельца компании («планировщика») и определяющих стратегическое направление деятельности фирмы. Например, транспортировка молочных продуктов коммерческими автомобилями малой грузоподъёмности в торговые точки близлежащих городов и населённых пунктов.

На втором уровне колонки располагается модель бизнес-процессов компании, реализация которой может быть выполнена в той или иной нотации, например, UML или IDEF0. Причём модель в этой ячейке отражает точку зрения «собственников процессов», например, руководителя планово-диспетчерского отдела, главного механика, и может предполагать следующие процессы:

- формирование заявок на перевозки (по договорам, по расписанию, по требованию);
- формирование путевых листов (на основании заявок и графиков смен, по расписанию, вручную);
- организацию закупок запасных частей;
- организацию ремонтов, технического обслуживания и т.д.

Ячейка третьего уровня столбца «как?» представляет собой детализацию бизнес-процессов с позиций «проектировщика» и описывает, каким образом производятся действия непосредственно с данными в соответствии с требованиями заказчика.

Возьмём следующий пример, когда отдел продаж осуществляет формирование счетов-фактур и товарно-транспортных накладных на поставку товара. В результате операции создаётся электронный документ (должен быть указан в колонке «данные»), в котором присутствует название заказчика, его адрес, а также список отгружаемых товаров. На основании этих документов создаются заявки на перевозки, могущие быть объединены в группы по зональному принципу. Под каждую группу заявок диспетчер выделяет автомобиль и водителя согласно графику рабочих смен, а также указывает время доставки для каждого заказчика.

Далее детализированные бизнес-процессы реализуются в виде программного кода, который относится к четвёртой ячейке уровня. На пятом уровне располагаются готовые модули информационной системы [5].

Известно, что реальная транспортно-логистическая организация может иметь распределённую структуру и обладать различными каналами взаимодействия со своими подразделениями, дочерними компаниями и партнёрами. В крупных промышленно-производственных предприятиях часто транспортный цех обеспечивает не только доставку конечной продукции до потребителя, но и перемещение различных материалов внутри заводской территории для поддержки различных технологических процессов. Соответственно, информационные потоки, которые сопровождают движение материальных ресурсов, циркулируют по локальной сети предприятия, а также в интернете,

транслируя электронные документы пользователю. Таким образом, можно говорить, что схема этой информационной сети, в которой рождаются и перемещаются данные, должна быть описана в столбце «где?». Особенно актуальным этот вопрос становится при интеграции нескольких ИС или сервисов в единое информационное пространство.

На самом верхнем уровне этого столбца в первой ячейке следует описать местоположение различных подразделений или сотрудников, выполняющих те или иные функции. Например, часто ремонтная зона может находиться в отдалении от основной офисной или производственной площадки. Или же компания имеет филиалы в разных городах, где осуществляется распределение транспортных средств по маршрутам, учёт и ведение путевой документации. Таким образом в нашей модели архитектуры TMS фиксируется местоположение центров возникновения или обработки информационных потоков.

Затем на втором уровне происходит уточнение мест протекания производственных процессов и их территориальная привязка к информационным потокам. Фактически мы получаем картину, отражающую нахождение рабочих мест с указанием того, какие бизнес-процессы на них выполняются и какие при этом данные должны обрабатываться. Исходя из этой информации, ставится задача оснастить рабочие места компьютерами соответствующей вычислительной мощности и связать их по проводным или беспроводным каналам в единую сеть. Топология вычислительной сети, включая местоположение серверов, маршрутизаторов и прочего, описывается на третьем уровне столбца. Четвёртая ячейка, в свою очередь, содержит детализированный список необходимых конфигураций компьютеров и серверов. На пятом уровне осуществляется привязка аппаратного обеспечения к IP-адресам. И в результате шестая ячейка получает полное описание единого информационного пространства транспортно-логистической компании.

Далее предстоит продумать и описать количественный и качественный кадровый состав как водителей, механиков, так и ин-



женерно-технических работников, а также управленцев высокого ранга. Соответственно во фреймворке Захмана для фиксации списка сотрудников используется первая ячейка столбца «кто?». Понятно, что сотрудники должны быть организованы по отделам и подразделениям. При этом надо для каждого сотрудника определить их бизнес-роли, круг должностных обязанностей, список задач и поручений, которые он должен будет решать и выполнять. Следовательно, организационно-штатная структура компании, описание последовательности действий сотрудников (Workflow), сценарии их возможного взаимодействия внутри отделов и между подразделениями отображаются во второй ячейке столбца.

В третьей ячейке необходимо зафиксировать уровень полномочий и степени ответственности исполнителей при выполнении тех или иных действий, а затем разработать модель прав и контроля доступа к тем или иным задачам будущей информационной системы. Особенно это важно при построении распределённой архитектуры. Например, при наличии филиалов или удалённых подразделений диспетчеры в филиалах должны «видеть» в TMS только автомобили именно этих филиалов, в центральном офисе — автомобили всех филиалов. Причём диспетчеры в филиалах не должны иметь возможности вводить в TMS новые автомобили или удалять записи, редактировать их. Этими правами могут обладать только диспетчеры в центральном офисе.

Таким образом, во фреймворке Захмана в четвёртой ячейке можно описать политику прав и привилегий для каждого пользователя. Необходимо также предусмотреть мониторинг действий пользователей, чтобы контролировать возможные ошибки или умышленные злонамеренные манипуляции с данными. Политика мониторинга действий пользователей фиксируется в пятой ячейке столбца «кто?». И в результате итоговая шестая ячейка содержит контуры готовой системы контроля доступа и мониторинга активности пользователей.

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ МОТИВАЦИИ

Очевидно, что любой предприниматель, начинающий коммерческую деятельность,

в том числе в сфере грузовых перевозок, может разработать на бумаге прекрасную концепцию своего бизнеса. Однако в реальной жизни в условиях конкурентной борьбы и постоянно меняющихся условиях внешней среды рынок логистических услуг переживает периоды взлётов и падений спроса на перевозки. С течением времени запросы и требования клиентов в различных рыночных сегментах подвержены неизбежным изменениям. Известно, что многие частные транспортные предприятия начинались с того, что водитель решал купить собственный грузовик («Газель» или фуру) и начать работать «на себя». А дальше при благоприятном стечении обстоятельств кто-то из таких частников «вставал на ноги», обзаводился уже не одной, а несколькими машинами и развивал свой бизнес уже в новом формате. То есть любая фирма очень напоминает живой организм, который переживает различные этапы своего развития — рождение, становление, бурный рост, стабилизацию и, возможно, упадок.

В свою очередь каждое транспортное средство также проходит определённые периоды своей эксплуатации. Так, на начальном этапе автомобиль не требует ремонта, а затраты составляют лишь расходы на топливо. Потом в зависимости от пробега и условий работы проводится периодическое техническое обслуживание, начинают постепенно расти затраты на текущие ремонты. Соответственно на пике спроса на транспортные услуги автомобили должны находиться в исправном состоянии, и надо считаться с тем, что большинство грузовых перевозок подчиняется определённым расписаниям, и это всё требует искать разумный баланс между вводом в эксплуатацию и выводом из эксплуатации транспортных средств, периодичностью их технического обслуживания и ремонтов, динамикой спроса на рынке логистических услуг.

Неслучайно, рассматривая логистическую компанию как сложную систему, проходящую через определённые стадии развития и зависящую от динамически меняющихся внешних условий, технического состояния подвижного состава, в рамках модели Захмана ищется ответ на вопрос «когда?» и определяются этапы



Рис. 4. Модель бизнес-мотивации.

жизненного цикла предприятия [6, с. 60]. В общем случае основные стадии жизненного цикла выглядят следующим образом:

- разработка транспортной услуги, включая формирование идеи бизнеса по перевозке грузов, анализ сильных и слабых сторон, угроз и возможностей на рынке;
- вход на рынок грузовых перевозок, начало транспортной деятельности;
- рост, развитие компании;
- зрелость компании;
- упадок компании или смена вида деятельности (вопреки желанию любого владельца предприятия, которому по понятным причинам не хотелось бы доводить своё детище до упадка и закрытия).

Этапы жизненного цикла состоят из последовательности различных операций (маркетинг рынка транспортных услуг, заключение договоров с заказчиками и диспетчеризация, материально-техническое снабжение, ремонтно-предупредительные работы и пр.), имеющих определённую временную продолжительность. В целях обеспечения рационального ис-

пользования финансовых, материальных и людских ресурсов как раз и стремятся управленцы оптимально распределить различные работы и логистические операции по времени. Для того во второй ячейке столбца «когда?» модель Захмана включает план работы компании в виде, например, сетевого графика или диаграмм Ганта. Особенно это важно, если планирование перевозок должно быть синхронизировано с производственным циклом промышленного предприятия. В то же время известно, что перевозочный процесс сильно зависит от оптимального планирования маршрутов, которое предстоит динамически корректировать во время выполнения рейсов. Иначе говоря, в информационной системе должен быть предусмотрен модуль маршрутизации и мониторинга транспортных средств.

Очевидно, что нужен и порядок обмена сообщениями между всеми участниками логистического процесса, а также фиксация того, какие события должны будут происходить после каждого сооб-



щения. Для визуализации картины такого взаимодействия годятся диаграммы последовательностей UML, которые указываются на четвёртом уровне модельного столбца. С точки зрения разработчика TMS, видение которого фиксируется на пятом уровне, следует иметь регламент выполнения тех или иных действий пользователями в информационной системе в зависимости от сценариев логистических операций, представленных на предыдущем этапе. В результате любой оператор получает согласованную во времени со всеми бизнес-процессами последовательность действий в TMS, которая также зависит от действий других пользователей информационной системы и других участников или событий логистической деятельности.

Главная задача коммерческого предприятия — получить прибыль, для чего руководством предприятия предпринимаются целенаправленные усилия. Обоснование этих усилий, их мотивация описываются в шестом столбце модели Захмана, который отвечает на вопрос, почему предпринимаются те или иные действия [7, 8]. В целом сформировать содержание ответа можно на основе модели бизнес-мотивации (Business Motivation Model) (рис. 4), в которой определяются краевые условия (цели и задачи, которые намечено достигнуть), средства (для обеспечения краевых условий), а также факторы влияния (внутренние и внешние, оказывающие воздействие на предприятие). Например, если руководство транспортной компании ставит целью достижение лидирующих позиций в определённом регионе или городе, то локальной задачей может стать сокращение сроков доставки на 20 % [9, с. 58; 10, с. 395]. Для оценки внешних и внутренних факторов влияния, положения компании на рынке предполагается использовать SWOT-анализ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной модели семантически увязаны объекты реального мира (транспортные средства, здания, географическое местоположение), информационные тех-

нологии, бизнес-процессы, социальные факторы, связанные с качеством управленческих решений и работы персонала в целом, организационная структура предприятия. Рассматривая дизайн транспортной организации в контексте концепции архитектуры предприятия, руководитель транспортно-логистической компании получает чёткую картину того, как будут взаимодействовать его организационные единицы, какие информационные потоки должны между ними циркулировать, как они могут интерпретироваться и каким образом с помощью модельных построений добиться успеха и содействовать устойчивому развитию фирмы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Прохоров С. А., Федосеев А. А., Денисов В. Ф., Ивашенко А. В. Методы и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий наукоёмкого машиностроения. — Самара: Самарский научный центр РАН, 2009. — 199 с.
2. Kappelman L. A. The SIM Guide to Enterprise Architecture. — CRC Press, 2009. — 330 p.
3. Lapalme J., Gerber A., Van der Merwe A., Zachman J., De Vries M., Hinkelmann K. Exploring the future of enterprise architecture: A Zachman perspective. — *Computers in Industry*. — Vol. 79. — June 2016. — pp. 103–113.
4. Kurganov V., Dorofeev A. The practice of business and IT integration in the transport company using enterprise architecture framework. — *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Operations and Supply Chain Management*. — Phuket: Mahidol University. — 2016. — pp. 377–392.
5. Lankhorst M. Enterprise Architecture at Work. Modelling, Communication and Analysis. — 4<sup>th</sup> ed. — Springer. — 2017. — 377 p.
6. Hanschke I. Strategic IT Management. A Toolkit for Enterprise Architecture Management. — Springer. — 2010. — 348 p.
7. Bridgeland D., Zahav R. Business Modeling. A Practical Guide to Realizing Business Value. — Morgan Kaufmann Publishers. — 2008. — 408 p.
8. Gharajedaghi J. Systems Thinking: Managing Chaos and Complexity: A Platform for Designing Business Architecture. — 3<sup>rd</sup> ed. — Morgan Kaufmann Publishers. — 2011. — 374 p.
9. Дорофеев А. Н., Настасяк О. Б. VI-решения для управления транспортно-логистической компанией // Перспективы развития транспортного комплекса: материалы II Международ. заоч. науч.-практ. конф. (4–6 окт. 2016 г.). — Минск: БелНИИТ «Транстехника». — 2016. — С. 54–60.
10. Kurganov V., Gryaznov M., Dorofeev A. Management of transportation process reliability based on an ontological model of an information system. — *Transportation Research Procedia*. — 2018. — No. 36. — pp. 392–397. ●

Координаты авторов: Курганов В. М. — glavred@tvcom.ru, Дорофеев А. Н. — andorofeev@fa.ru, Настасяк О. Б. — ipatyevaolga@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 18.01.2019, принята к публикации 22.02.2019.

## TRANSPORT AND LOGISTICS ENTERPRISE ARCHITECTURE MODEL

*Kurganov, Valery M., Tver State University, Tver, Russia.*

*Dorofeev, Aleksey N., Financial University under the Government of the Russian Federation; National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia.*

*Nastasyak, Olga B., LLC Gazprom Avia, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

The article argues that the fundamental transformations of business processes, characteristic of the era of digital economy, have so far affected Russian motor transport industry to a small extent. Digital transformation assumes a cardinal revision of the role of information technologies in management of the transportation process, based on a deep and comprehensive analysis of data, a fundamental change in approaches to organization of road transport production.

*Keywords:* motor transport, enterprise architecture, freight transportation, business motivation model, TMS solutions.

**Background.** The practices show that in modern Russian conditions domestic transport and logistics companies underestimate information technology as an asset, which is a source of increased profits and profitability. Often, even software and hardware (computers, servers), as well as related IT infrastructure and technical support are largely perceived by business leaders as just one of the items of forced costs. Obviously, for such directors and owners of companies, the means of production is a tractor with a semi-trailer, a truck, and the information system (IS) and computer hardware are considered auxiliary and not the most necessary attributes of an organization. Moreover, managerial traditions of enterprises of the road transport industry are such that it is manual or semi-automated work using Excel that seems much more rational from the point of view of production needs.

Meanwhile, development of logistics principles and methods of organizing road transportation is more and more confidently demonstrating the positive impact of the innovation factor of business informatics to improve competitiveness and efficiency of transport structures.

**Objective.** The objective of the authors is to suggest a model of a transport and logistics enterprise architecture.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, graph construction, modeling, specific IT-methods, TMS tools, Zachman's architecture framework.

### Results.

#### Information carriers of TMS solutions

Trends that develop in the market competition, in one way or another (though more indirectly), but change the angle of view on transport and logistics problems, long-term goals and current objectives of relevant enterprises. At the same time, particular attention is paid to formation of an effective development strategy, marketing of transport services, more productive organization of human resources, improving the structure of car parks and optimizing planning, improving quality of the transportation process. Of course, such important components help to achieve a stable position of the logistics company in the market, as well as contribute to the growth of productivity and labour efficiency.

At the same time, it is known that for logistics, management of information flows is not less important

To this end, it is proposed to consider the concept of enterprise architecture, covering various aspects of shaping different aspects of a transport and logistics company, as well as methods for modeling system solutions. The article analyzes transportation management system solutions, compares different approaches to the architecture of an enterprise, tools of its development like ER-charts, basic notations, life cycle, business motivation model. The suggested model semantically links real objects, IT- and business processes, social aspects, and structure organisation of an enterprise.

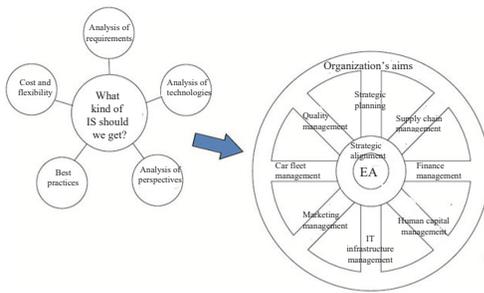
than management of material and financial flows. Indeed, any movement of goods and cargo, their storage and processing are always accompanied by a certain document flow, which is part of the logistics business processes and is inseparable from them. All operational activity is recorded in relevant contracts, invoices, payment orders and other forms. Directly during operation of road transport within supply chains, a separate component of the general information flow is formed by waybills, route sheets, statements on fueling and installation of spare parts and other operational data. That is a long time ago that it became obvious that any business activity of a logistics company is accompanied by the processes of generation, transport, storage, and dissemination of information, which are an integral part of business process.

As a rule, and to a large extent this document circulation is perceived as a kind of routine office work, most of which is prescribed by Russian legislation in order to control the accounting and management records of organizations. On this basis, it is time to consider the information system from the standpoint of office automation based on achievements of the computer industry. For example, if earlier invoices, waybills or statements were generated in Excel or manually, then the task of IS is to prepare the same and other similar documents with greater speed and less laboriousness, while network capabilities will provide multi-user access to this information.

Information technologies to a certain extent will have a beneficial effect on effectiveness of the organization as a whole. For example, the time of acceptance and receipt of cargo, releasing cars on a route, and generating various reports will be reduced. Moreover, operational work can be performed by less qualified personnel and, which is quite likely, in a smaller number. This in turn is a prerequisite for reducing labour costs. In addition, the cumulative staff efficiency is growing due to emergence of a single information environment that provides for improved interaction between employees, eliminating duplication of information, increasing its availability and reliability. For managers, a single database makes it possible at any moment to receive a variety of analytics, selected and filtered according to their requirements.

Of course, all these factors are attractive in terms of improving technological business processes.





**Pic. 1. Enterprise architecture as a means of integrating the transport and logistics business and information technology [2].**

However, very often a person, who is to make a decision to invest funds in an information system, should answer a set of questions: «What will be the return on such investments? Do they contribute to achievement of business goals and what is their practical value? Will they give a competitive advantage? How does the implemented software innovation meet the needs of the enterprise?».

Certainly, such a strategic vision, the desire to link the company's development trajectory with the business impulse that modern information technologies are expected to impart, is absolutely natural for the executive. It should be noted that the very task of assessing and selecting the optimal TMS (Transportation Management System) solution is rather complicated and requires a comprehensive analysis of the enterprise's activities. Therefore, it seems expedient to use the architectural approach, which is designed with participation of information media to combine the operational, tactical and strategic aspects of management and the personalized nature of various business roles (logistic managers, car maintenance specialists, IT specialists, owners and managers of the company).

**Wheel and wheel spokes**

From the analysis of scientific sources it is known that development of the architecture of enterprises and organizations is of great importance due to complexity of modern IT infrastructure and the lack of flexibility in perception of its necessity on behalf of the business. Despite the fact that IT-industry experts have been engaged in research in that field for almost 15 years, the process of implementing architectural solutions in an industry or company is far from optimal. Moreover, the very concept of «enterprise architecture» (EA) still has several definitions and interpretations.

For example, in IEEE Standard 1471–2000, the Enterprise Architecture is defined as «fundamental organization of a system, embodied in its components, their relationships to each other, and to the environment, and the principles guiding its design and evolution». There is also a concise definition of EA: «a complete set of description of the enterprise, valid for a long time» [1, p. 30].

For practitioners, the concept of enterprise architecture is causing considerable skepticism. A comprehensive and multifaceted study of the company's activities from different points of view, a description of the organizational structure, including numerous connections and interactions, remains a challenge and requires special approaches [1, pp. 22–34].

In general, the most simplified model of organization can be represented in the form of a wheel, the center of which or the hub represents the enterprise architecture, and the external rim is associated with the company's objectives. The eight spokes of this wheel – IT infrastructure management, strategic planning, financial management, production management, supply chain management, sales management, marketing management, human resources management [2] – ensure the interconnection of goals, business processes and enterprise resources, as well as ideas and approaches to how to optimize the company's activities. That is, it turns out that from a single center, symbolizing the organization's strategy, equal rays diverge, which characterize the equal value for the company of all of these areas, which implies a uniform forward movement of the company (Pic. 1).

From the point of view of completeness of the functionality, one of the most famous and popular models is the architecture framework of J. Zachman (Pic. 2), which is a matrix reflecting different views on the designed information system, as well as its layers and levels. This matrix has five (six) rows and six (five) columns, they are successively filled in during the analysis of the relevant data. The model reflects the opinion of specialists at various levels in the hierarchical structure of the enterprise, which can be divided into several categories: «planner», «process owner», «designer», «builder», «programmer», «user» [3].

Thus, the first row demonstrates the strategic vision of top management of the company's transport and logistics business. The second row reflects the way of viewing by business managers and process owners of the information system as of a complete solution. The third is the designer's view on the synthesis of the enterprise's business processes, their information model and technical as well as physical capabilities for automation. The fourth and fifth rows are the points of

	DATA What?	FUNCTIONAL How?	NETWORK Where?	PEOPLE Who?	TIME When?	MOTIVATION Why?
Planner	Business objects	Business processes	Location	Personnel	Production cycle	Business aims
Owner of processes	Business objects	Business processes	Location	Personnel	Production cycle	Business aims
Designer	Business objects	Business processes	Location	Personnel	Production cycle	Business aims
Builder	Business objects	Business processes	Location	Personnel	Production cycle	Business aims
Programmer	Business objects	select id_car from car where id_car=134	IP 172.16.0.0 IP 172.16.1.0 IP 172.16.2.0	Personnel	Production cycle	Business aims
User	Business objects	Business processes	Location	Personnel	Production cycle	Business aims

**Pic. 2. The model of the enterprise architecture by J. Zachman, suggested in authors' interpretation [4, p. 386].**



view of the system builder and programmer directly on the technical implementation of IS. The sixth row depicts the perspective of the already detailed solution from the position of the end user [4].

The content of the «data» column answers the question «what?», i.e. What information sets will the system include? Thus, the cell of the intersection with the first row may include information about the main business objects of the logistics company (vehicles, drivers, customers, facilities or routes). Then, at the second level, a conceptual model is designed, and at lower positions, further detailing of the elements of the information system takes into account existing data.

It is necessary to consider how business objects are reflected in the documents accompanying the activities of the enterprise, and how these business objects are interconnected. Most often, such a model is represented in the form of an ER-diagram (ER – Entity-Relationship). For example, the entity «car» with the attributes of «model», «car plate» is entered (the relationship «is entered») in the trip ticket (the entity is «trip ticket» with the attributes «departure date», «return date»).

In particular, at the second level, specification of vehicles (brand, model, capacity, body type, etc.), documents (trip tickets, route sheets, fueling lists, waybills), and of other inputs, are described, i.e. their semantic relationship is established. At the third level, in fact, basing on the business objects and documents that make up the information flow, a list of database tables and the relationship between them is formed. At the fourth level, the tables are normalized, keys are established, and at the fifth level, the fields are defined, the physical data model is drawn up. The sixth level forms the data directly (Pic. 3).

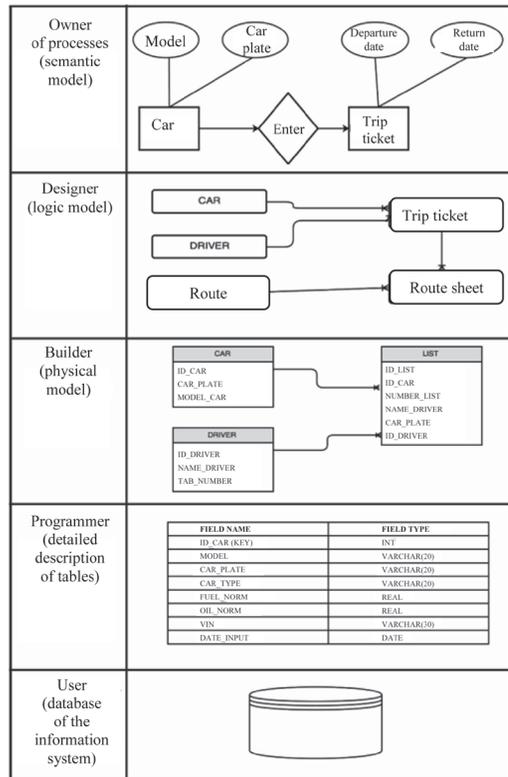
The content of the «function» column answers the question «how?», i.e. through what operations the company's strategic goals will be achieved. At each level, the degree of granularity corresponds to the point of view of a specialist in the management hierarchy. So, the first cell of this column contains a list of the main business processes that are in the field of view of the owner of the company («planner») and determine the strategic direction of the company. For example, transportation of dairy products by commercial vehicles of small capacity to retail outlets of nearby cities and towns.

At the second level of the column there is the company's business process model, the implementation of which can be performed in one or another notation, for example, UML or IDEF0. Moreover, the model in this cell reflects the point of view of «process owners», for example, the head of the planning and dispatching department, the chief mechanic, and may assume the following processes:

- development of applications for transportation (under contracts, on schedule, upon request);
- preparing of trip tickets (on the basis of applications, on the basis of shift schedules, according to the schedule, manually);
- organization of procurement of spare parts;
- organization of repairs, maintenance, etc.

The third-level cell of the column «how?» represents the detailing of business processes from the perspective of a «designer» and describes how actions are performed directly with the data in accordance with customer requirements.

Let's take the following example, when the sales department carries out preparation of invoices and waybills for supply of goods. As a result of operation, an electronic document is created (must be indicated



**Pic. 3. The content of the «data» column answers the question «what?».**

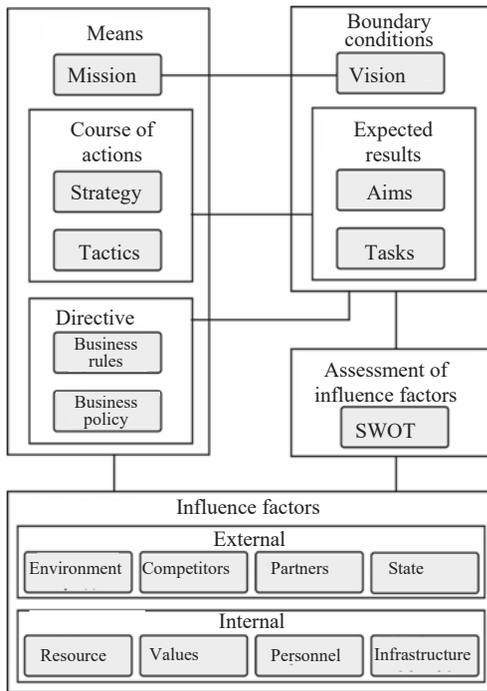
in the column «data»), in which the customer's name, his address, and the list of goods being shipped are present. On the basis of these documents applications for transportation are created, which can be combined into groups according to the zonal principle. For each group of applications the dispatcher allocates a car and driver according to the schedule of work shifts, and also indicates the delivery time for each customer.

Further, detailed business processes are implemented in the form of program code, which belongs to the fourth level cell. At the fifth level, ready-made modules of the information system are located [5].

It is known that a real transport and logistics organization may have a distributed structure and have various channels of interaction with its divisions, subsidiaries and partners. In large industrial enterprises, often the transport department provides not only delivery of a final product to a consumer, but also moves various materials within the factory territory to support various technological processes. Accordingly, information flows that accompany movement of material resources circulate through the local network of the enterprise, as well as on the Internet, broadcasting electronic documents to a user. Thus, we can say that the scheme of this information network, in which data originates and moves, should be described in the column «where?». This issue becomes especially relevant when integrating several IS or services into a single information space.

At the topmost level of this column in the first cell location of various units or employees who perform certain functions should be described. For example, often the repair area may be located away from the main office or production site. Or the company has





**Pic. 4. Model of business motivation.**

branches in different cities, where distribution of vehicles on routes, accounting and maintenance of route documentation are carried out. Thus, in our TMS architecture model, location of centers of the origin or processing of information flows is recorded.

Then, at the second level, locations of production processes are clarified and territorially linked to information flows. In fact, we get a picture reflecting location of workplaces, indicating which business processes are running on them and what data should be processed. Basing on this information, the task is to equip workplaces with computers of appropriate computing power and connect them via wired or wireless channels into a single network. The topology of the computer network, including location of servers, routers, and others, is described in the third column level. The fourth cell, in turn, contains a detailed list of necessary configurations of computers and servers. At the fifth level, hardware is bound to IP addresses. As a result, the sixth cell receives a complete description of the single information space of the transport and logistics company.

Next, it is necessary to think over and describe the quantitative and qualitative personnel composition of both drivers, mechanics, and engineering and technical staff, as well as high-ranking managers. Accordingly, in the Zachman framework, the first cell in the column «who?» is used to fix the list of employees. It is clear that employees must be organized by departments and divisions. At the same time it is necessary for each employee to determine their business roles, labour duties, list of tasks and assignments that this person will have to solve and perform. Consequently, the organizational structure of the company, description of the sequence of actions of employees (Workflow), scenarios of their possible interaction within departments and between departments are displayed in the second cell of the column.

In the third cell, it is necessary to fix the level of powers and the degree of responsibility of assigned employees in performance of certain actions, and then develop a model of access and control rights with regard to certain tasks of the future information system. This is especially important when building a distributed architecture. For example, if there are branches or remote subdivisions, dispatchers in branches must «see» in TMS only the cars of their particular branches, while the central office dispatchers will see the cars of all branches. Moreover, dispatchers in the branches should not be able to introduce new cars into TMS or delete records and edit them. These rights may belong only to dispatchers in the central office.

Thus, in the framework of Zachman in the fourth cell, it is possible to describe the rights and privileges policy for each user. It is also necessary to provide monitoring of user actions in order to control possible errors or deliberate malicious manipulations with data. The policy of monitoring user actions is recorded in the fifth cell of the column «who?». As a result, the final sixth column contains the contours of a ready access control system that can monitor user activity.

**Building a motivation model**

Obviously, any entrepreneur starting a commercial activity, including in the field of cargo transportation, can develop on paper an excellent concept for his business. However, in real life in a competitive environment and constantly changing environmental conditions, the logistics services market is experiencing periods of ups and downs in demand for transportation. Over time, the demands and requirements of customers in various market segments are subject to inevitable changes. It is known that many private transport companies first started from the moment when a driver decided to buy his own truck (lorry or truck) and start working «for himself». And further, under favorable circumstances, one of these private workers, «finds his feet», acquires not one, but several cars, and develops his business in a new format. That is, any firm is very much like a living organism, which is going through various stages of its development – birth, adolescence, rapid growth, stability phase and, possibly, decline.

In turn, each vehicle also passes certain periods of its operation. So, at the initial stage, the car does not require repair, and the costs are only expenses for fuel. Then, depending on mileage and working conditions, periodic maintenance is carried out, the costs of current repairs begin to grow gradually. Accordingly, at the peak of demand for transport services, cars must be in good condition, and we must reckon with the fact that most cargo transportation follows certain schedules, and all this requires looking for a reasonable balance between commissioning and decommissioning of vehicles, frequency of their maintenance and repairs, dynamics of demand in the logistics market.

It is no coincidence that considering a logistics company as a complex system that passes through certain stages of development and depends on dynamically changing external conditions, the technical condition of rolling stock, within the Zachman model, the answer is to the question «when?» And the stages of the enterprise life cycle are determined [6, p. 60]. In general, the main stages of the life cycle are as follows:

- development of transport services, including shaping of the idea to start freight transportation business, analysis of strengths, weaknesses, threats and opportunities in the market;

- entry into the cargo transportation market, the start of transport activities;
- growth, development of the company;
- company maturity;
- decline of a company or a change of type of activity (against the wishes of any business owner who, for obvious reasons, would not like to bring his brainchild to decline and closure).

The stages of the life cycle consist of a sequence of various operations (marketing the transport services market, signing of contracts with customers, performing dispatching, logistics, repair and safety operations, etc.) with a specific time duration. In order to ensure the rational use of financial, material and human resources, managers seek to optimally distribute various work and logistics operations over time. For this, in the second cell of the column «when?» Zachman model includes the company's work plan in the form of, for example, a network diagram or Gantt charts. This is especially important if transportation planning should be synchronized with the production cycle of an industrial enterprise. At the same time, it is known that the transportation process is highly dependent on the optimal route planning, which will have to be dynamically adjusted during trips. In other words, the information system should have a routing and monitoring module for vehicles.

Obviously, the order of messaging between all participants in the logistics process is also needed, as well as fixing what events should occur after each message. Diagrams of UML sequences that are indicated on the fourth level of the model column are suitable for visualizing the pattern of such interaction. From the point of view of the TMS programmer, whose vision is fixed at the fifth level, one should have rules for performance of certain actions by users in the information system depending on the logistical operations scenarios presented at the previous stage. As a result, any operator receives a sequence of actions coordinated in time with all business processes in TMS, which also depends on the actions of other users of the information system and other participants or events of logistics activities.

The main task of a commercial enterprise is to make a profit, for which purpose, the management of the enterprise makes purposeful efforts. The justification of these efforts, their motivation is described in the sixth column of the Zachman model, which answers the question of why certain actions are taken [7, 8]. In general, the content of the response can be formed on the basis of the Business Motivation Model (Pic. 4), which defines the boundary conditions (goals and objectives to be achieved), the means (to ensure the boundary conditions), and the influence factors (both internal and external factors, affecting the enterprise). For example, if the management of a transport company aims to achieve leading positions in a particular region or city, then a local task could be to reduce delivery times by 20 % [9, p. 58; 10, p. 395]. To assess the external and internal factors of influence, as well as the company's position in the market, it is supposed to use a SWOT analysis.

**Conclusion.** As can be seen, in the suggested model, real-world entities (vehicles, buildings, geographic location), information technologies, business processes, social factors related to the quality of management decisions and the entire work of the staff as a whole, and organizational structure of the enterprise are semantically linked. Considering the design of the transport organization, in the context of the concept of the enterprise architecture, the head of the company gets a clear picture of how his organization units interact, what information flows should circulate between them, how they can be interpreted and how to achieve success and promote sustainable corporate development.

## REFERENCES

1. Prokhorov, S. A., Fedoseev, A. A., Denisov, V. F., Ivashchenko, A. V. Methods and tools for designing profiles of integrated systems for ensuring integrated security of high-tech engineering enterprises [*Metody i sredstva proektirovaniya profilei integrirrovannykh sistem obespecheniya kompleksnoi bezopasnosti predpriyati naukoemkogo mashinostroeniya*]. Samara, Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2009, 199 p.
2. Kappelman, L. A. The SIM Guide to Enterprise Architecture. CRC Press, 2009, 330 p.
3. Lapalme, J., Gerber, A., Van der Merwe, A., Zachman, J., De Vries, M., Hinkelmann, K. Exploring the future of enterprise architecture: A Zachman perspective, *Computers in Industry*, Vol. 79, June 2016, pp. 103–113.
4. Kurganov, V., Dorofeev, A. The practice of business and IT integration in the transport company using enterprise architecture framework. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Operations and Supply Chain Management, Phuket: Mahidol University, 2016, pp. 377–392.
5. Lankhorst, M. Enterprise Architecture at Work. Modelling, Communication and Analysis, 4<sup>th</sup> ed., *Springer*, 2017, 377 p.
6. Hanschke, I. Strategic IT Management. A Toolkit for Enterprise Architecture Management, *Springer*, 2010, 348 p.
7. Bridgeland, D., Zahav, R. Business Modeling. A Practical Guide to Realizing Business Value, *Morgan Kaufmann Publishers*, 2008, 408 p.
8. Gharajedaghi, J. Systems Thinking: Managing Chaos and Complexity: A Platform for Designing Business Architecture, 3<sup>rd</sup> ed., *Morgan Kaufmann Publishers*, 2011, 374 p.
9. Dorofeev, A. N., Nastasyak, O. B. BI-solutions for managing a transport and logistics company. Prospects for development of the transport complex [*BI-resheniya dlya upravleniya transportno-logisticheskoi kompaniei. Perspektivy razvitiya transportnogo kompleksa*]. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International in absentia scientific-practical conference (October 4–6, 2016). Minsk, BelNIIT Transtekhnika, 2016, pp. 54–60.
10. Kurganov, V., Gryaznov, M., Dorofeev, A. Management of transportation process reliability based on an ontological model of an information system, *Transportation Research Procedia*, 2018, No. 36, pp. 392–397. ●

Information about the authors:

**Kurganov, Valery M.** – D.Sc. (Eng), professor of Tver State University, Tver, Russia, glavred@tvcom.ru.

**Dorofeev, Aleksey N.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Financial University under the Government of the Russian Federation; associate professor of National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia, andorofeev@fa.ru.

**Nastasyak, Olga B.** – leading engineer of LLC Gazprom Avia, Moscow, Russia, ipatyevaolga@yandex.ru.

Article received 18.01.2019, accepted 22.02.2019.





# Хранение геометрических данных



Игорь ДОНЦОВ

Igor E. DONTSOV

**Storage of Geometric Data**  
(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 194)

**Реализация программы цифровизации связана с развитием информационно-управляющих систем и телекоммуникаций на железнодорожном транспорте, с интенсификацией комплексной автоматизации управления.**

**В транспортной отрасли свой интерес представляет новый тип ИС – геоинформационные системы (ГИС), которые предназначены для принятия решений по оптимальному управлению транспортом. Получили распространение различные тренажёры и стенды для тренинга, имитирующие движения различных объектов и управление ими. Они применяются в авиации, на железных дорогах и в других сферах транспорта.**

**Развитие тренажёров связано с разработкой систем отображения визуальной обстановки на базе ЭВМ. В соответствующих операциях основная роль отведена пространственно распределённой геометрической информации. Делается обзор базовых подходов к способам её хранения и передачи через информационные сети.**

*Ключевые слова:* транспорт, геоинформационные системы, геометрические данные, SQL, СУБД.

*Донцов Игорь Евгеньевич – инженер ООО «Газпром трансгаз Сургут», Сургут, Россия.*

**С**истемы хранения данных очень востребованы в современном мире. С каждым годом объём обрабатываемой информации существенно возрастает. Этому способствуют рост производительности и прогресс электронных устройств и сетей связи.

Требования, предъявляемые к системам хранения, остаются неизменными:

- надёжность – записанные данные не должны быть испорчены;
- доступность – разрешённым пользователям должен быть обеспечен бесперебойный доступ к системе;
- производительность – возможность работы с большим количеством клиентов и большими объёмами данных (основными показателями производительности являются количество одновременных операций ввода/вывода и время их выполнения);
- масштабируемость – способность увеличивать объём памяти и количество поддерживаемых клиентов без ущерба для других характеристик системы.

При создании базы данных стремятся упорядочить информацию по различным признакам для быстрого её извлечения. Это возможно, если данные структурированы [1].

Структурирование – процесс группировки данных по определённым параметрам [2].

К неструктурированным данным можно отнести: информацию из социальных сетей, XML, видео/аудиофайлы, изображения, документы формата PDF [1].

В связи с хранением в базах данных стратегически важной информации и возникающими при этом вопросами информационной безопасности ключевым моментом становится использование системы управления базой данных (СУБД), основанной на оригинальных и надёжных разработках. Этим и определяется актуальность темы исследования [3].

Графическая база данных геометрических объектов (БД ГО) с опорой на метод MRO [4] будет содержать следующую информацию: структуру-матрицу ГО, R-descriptor, коды кусков, описанных известными способами (например, методом специального контура), описательные параметры [5].

Геометрический объект – базовый класс для всех остальных, единственный абстрактный (неинстанцируемый) класс, все прочие – инстанцируемые.

Согласованность и доступность при отсутствии устойчивости к разделению – к этому классу относятся все традиционные реляционные базы данных [6].

Иллюстрация к алгоритму обработки и передачи по сети составных ГО на основе MRO представлена на рис. 1.

Условно можно выделить два подхода для доступа к графическим данным (рис. 2) [4]: соответственно, record- и set-ориентированный.

Второй подход используется в SQL-серверах БД [2]. Язык БД обычно имеет две составляющие:

- язык определения схемы БД (Schema Definition Language – SDL) [7];

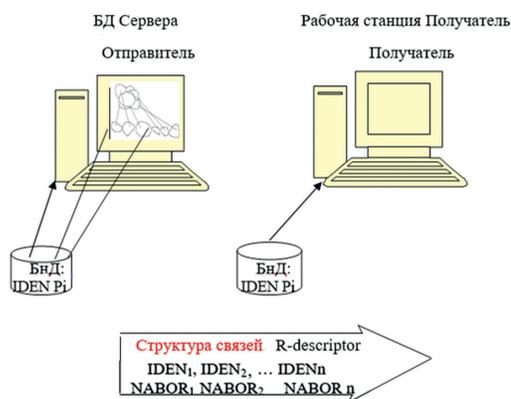


Рис. 1. Иллюстрация к алгоритму обработки и передачи по сети составных ГО на основе MRO.

- язык манипулирования данными (Data Manipulation Language – DML).

Наиболее распространённым для разных типов данных является декларативный язык SQL (Structured Query Language), который поддерживает средства SDL и DML реляционных СУБД. В компьютерных сетях SQL присутствует наряду с некоторыми протоколами и интерфейсами сеансового уровня:

- NFS (Network File System) – сетевая файловая система, используется на станциях UNIX вместе с TCP/IP;
- RPC (Remote Procedure Call) – вызов удалённых процедур, которые создаются на ПК клиента и выполняются на сервере;
- Xwindows – для связи с удалёнными ПК UNIX;
- DNASCP – протокол сеансового уровня в сетях DECnet, применяется широко.

Существуют три формы SQL: интерактивный (Interactive), статический (static) и динамический (dynamic). Функционируют они в основном одинаково, но используются по-разному. Интерактивный составляет основу языка [8].



Рис. 2. Подходы для доступа к графическим данным.



Рейтинг баз данных

Модели	Реляционная	Ключ значения	Распределённое хранилище	Документо-ориентированная	На основе графов
1	Oracle	Redis	Cassandra	MongoDB	Neo4j
2	MySQL	Memcached	HBase	Amazon DynamoDB	Titan
3	Microsoft SQL Server	Riak KV	Microsoft Azure Table Storage	Couchbase	Giraph
4	PostgreSQL	Hazelcast	Hypertable	CouchDB	InfiniteGraph
5	DB2	Enhache	Google Cloud Bigtable	RethinkDB	Dgraph

Источник информации: <https://db-engines.com/en/>.

Таблица 2

matr	OB1	OB2	OB3

Для некоторых специфических проектов больше подходят новые модели хранения данных. Они получили название нереляционных или NoSQL. На данный момент существуют уже сотни различных СУБД, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки и подходит для определённых задач. И чтобы иметь возможность подобрать наилучший инструмент для поставленной задачи, необходимо иметь инструменты тестирования и сравнительного анализа баз данных. Выбирать технологию хранения данных следует при наличии полной информации о каждом виде баз данных и испытав их для своей задачи. Из всех моделей наиболее востребованной является реляционная, которая строится на отношениях между хранимой информацией. Результаты сгруппированы по выбранным моделям и представлены в таблице 1 [9].

Стоит задача выбора СУБД для хранения геометрических объектов, заданных методом MRO [4]. Проведём анализ СУБД по образцу, представленному в таблице 2, содержащему матрицу связи ГО и простейшие геометрические объекты (в заполненном виде не приводится ввиду большого объёма и неформатируемой для публикации информации) [10].

В результате анализа как вариант для обмена и хранения геометрической информации предлагается Microsoft SQL Server [11].

Достоинства SQL – это прежде всего лёгкий для понимания язык и в то же время

универсальное программное средство управления данными.

Успех языку SQL принесли следующие его особенности:

- независимость от конкретных СУБД;
- переносимость с одной вычислительной системы на другую;
- наличие стандартов;
- одобрение компанией IBM (СУБД DB2);
- поддержка со стороны компании Microsoft (протокол ODBC);
- реляционная основа;
- высокоуровневая структура, напоминающая английский язык;
- возможность выполнения специальных интерактивных запросов:
- обеспечение программного доступа к базам данных;
- возможность различного представления данных;
- полноценность языка, предназначенного для работы с базами данных;
- возможность динамического определения данных;
- поддержка архитектуры клиент/сервер.

Все перечисленные факторы явились причиной того, что SQL стал стандартным инструментом для управления данными на персональных компьютерах, мини-компьютерах и больших ЭВМ [12].

В таблице 3 представлен общий вид заполняемой для конкретных случаев матрицы алгоритмизации операций, включающей коды кусков заданной поверхности и алгоритмы их реализации разными методами.

В результате реализации алгоритмов выбранным методом по сети передаётся R-скриптор – способ закраски параметров сетевого транспорта с указанием, в том числе, следующих данных:

## Хранение геометрической информации

Коды кусков	Алгоритм реализации метод 1	Алгоритм реализации метод 2	Алгоритм реализации метод 3	Алгоритм реализации метод 4

• state – состояние объекта, сведения о блокировках фрагмента [13];

• UserID – идентификатор режима работы пользователя.

Дальнейшая обработка переданных и сохранённых изображений опирается на несколько последовательных уровней восходящей информационной линии («иерархическое представление объектов (растровое изображение, неструктурированная информация) – символическое представление (векторные и атрибутивные данные в структурированной форме, реляционные структуры)») и осуществляется посредством следующих этапов обработки:

- предобработка изображения;
- первичная сегментация изображения;

- выделение геометрической структуры видимого поля;

- определение относительной структуры и семантики видимой сцены [15].

Представленный обзор резюмирует шаги по реализации хранения ГО, заданных методом MRO [14].

В заключение следует отметить, что другие способы задания поверхностей геометрических объектов, кроме MRO, имеют довольно трудоёмкие алгоритмы обработки, малоприменимые для построения изображений сцен, так как не обеспечивают требуемого запаздывания в замкнутой системе управления. И это оставляет рассмотренные исходные вопросы актуальными для дальнейшей проработки в интересах транспортной отрасли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коптева Л. Г. Подходы к информационной обработке математических моделей геометрических объектов при формировании базы данных для ГИС // Высшее профессиональное образование на железнодорожном транспорте: настоящее и будущее: Сб. науч. трудов по материалам международной конференции. – М.: РГОТУПС, 2001. – С. 142–144.

2. Роб П., Коронел К. Системы баз данных: проектирование, реализация и управление: Пер. с англ. – 5-е изд. – СПб.: БХВ–Петербург, 2004. – 1040 с.

3. Борисенков Д. В. Специальное математическое и программное обеспечение манипулирования распределёнными объектами в реляционной СУБД на основе политомических представлений / Дис... канд. техн. наук. – Воронеж: ВГУ, 2007. – 145 с.

4. Коптева Л. Г. Построение моделей геометрических объектов, их обработка и передача в транспортных информационных сетях / Дис... док. техн. наук. – М.: РОАТ, 2005. – 189 с.

5. Рвачев В. Л. Теория R-функций и некоторые её приложения. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.

6. Сборник трудов конференции «Управление знаниями и технологии семантического веба-2010». – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2010. – 187 с.

7. Лецкий Э. К., Панкратов В. И., Яковлев В. В. и др. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: Учебник. – М.: УМК МПС России, 2001. – 668 с.

8. Скорбилина Т. С. Разработка программного модуля тестирования баз данных // Молодой учёный. – 2017. – № 10. – С. 34–37. [Электронный ресурс]: <https://moluch.ru/archive/144/40328/>. Доступ 12.12.2018.

9. Маличенко Д. А. Разработка и исследование методов хранения и передачи информации в распределённых системах / Дис... канд. техн. наук. – СПб.: ГУАП, 2017. – 125 с.

10. Рвачев В. Л. Геометрические приложения алгебры логики. – Киев: Техника, 1968. – 287 с.

11. Qin Yong, Liu Feng, Zhou Zhi-min, Lai Wen-bin, Jia Li-min. Исследование областей применения ГИС в Китайском управлении железными дорогами // Zhongguo tiedao kexue. – 2003. – № 24. – р. 7.

12. Тетеркина Н. И. Разработка базы данных для страхового бизнеса на примере ОАО «Ренессанс» / Дипломный проект. – М., 2018. – 50 с.

13. Райан Д. Инженерная графика в САПР: Пер с англ. – М.: Мир, 1989. – 392 с.

14. Смирнов С. Н. Разработка информационных моделей для ГИС (графических информационных систем) железнодорожного транспорта // Материалы XII международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению «Графикон-2002». – Н. Новгород, 2002. – С. 403–405.

15. Техническое зрение в системах управления мобильными объектами-2010: Труды научно-технической конференции-семинара. Вып. 4 / Под ред. Р. Р. Назирова. – М.: КДУ, 2011. – 328 с.

16. Тимошенко В. В. Лабораторные работы по администрированию БД / Дипломный проект. – М., 2018. – 183 с.

17. Kopteva L. G. The Questions of Geometry and Programme-Information Supports for Computer-Aided Design Systems // Information Technology in Design. EWITD96. Proceedings of International Conference. – Moscow, Russia, 1996. – pp. 318–322. ●

Координаты автора: **Донцов И. Е.** – dontsov2011@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.12.2018, принята к публикации 21.01.2019.



## STORAGE OF GEOMETRIC DATA

Dontsov, Igor E., LLC Gazprom transgaz Surgut, Surgut, Russia.

### ABSTRACT

The implementation of railway digitalization programs is associated with development of information management systems and telecommunications, with enhancement of integrated automation of management and control systems.

A new type of information system which is geographic information systems (GIS) is of interest as it is intended for decision-making in transport management and control systems. Besides, various

training simulators, that simulate movement of various objects and control procedures, have been widely implemented in civil aviation, on railways and in other modes of transport. The development of simulators is associated with development of visualization systems based on computer software.

Respective operations are based on spatially distributed geometric information. The article depicts basic approaches to core methods of its storage and transmission via information networks.

**Keywords:** transport, geographic information systems, geometric data, SQL, DBMS.

**Background.** Data storage systems are in high demand in the modern world. Every year the volume of information processed increases significantly. This is facilitated by the growth of productivity and the progress of electronic devices and communication networks.

Requirements for storage systems remain unchanged:

- reliability – the recorded data should not be corrupted;
- accessibility – authorized users should be provided with uninterrupted access to the system;
- performance – the ability to work with a large number of clients and large volume of data (the main performance indicators are the number of simultaneous input/output operations and the performance time);
- scalability – the ability to increase the amount of memory and the number of supported clients without affecting other system features.

When creating a database, the designers strive to organize information according to various criteria for its quick retrieval. This is possible if data is structured [1].

Structuring is the process of grouping data according to certain parameters [2].

Unstructured data includes: information from social networks, XML, video/audio files, images, PDF documents [1].

Due to storage of strategically important information in the databases and the emerging issues of information security, the key point is the use of a database management system (DBMS) based on

original developments. This determines the relevance of the research topic [3].

**Objective.** The objective of the author is to consider different aspects related to storage of geometric data.

**Methods.** The author uses general scientific and engineering methods, information and IT methods, evaluation approach, graph construction.

**Results.** The graphic database of geometric objects based on MRO method [4] will contain the following information: geometric objects structural matrix R-descriptor, codes of pieces described by known methods (for example, by using the special contour method), descriptive parameters [5].

The geometric object is the base class for all others, the only abstract (non-instantiable) class, all others being instantiated.

Consistency and accessibility in the absence of separation resistance – all traditional relational databases belong to this class [6].

An illustration of the algorithm for processing and transmission through the network of composite GO based on MRO is shown in Pic. 1:

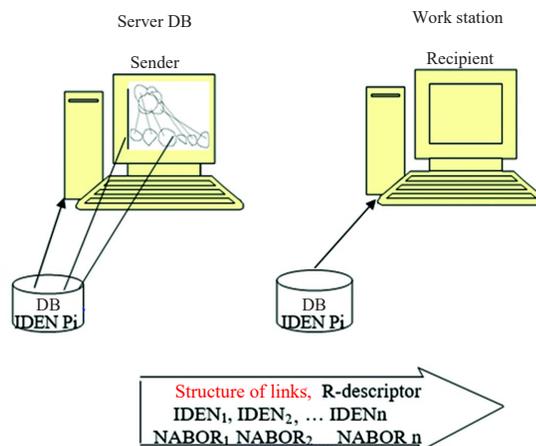
It is conditionally possible to distinguish two approaches to access to graphic data (Pic. 2) [4].

The second approach is used in SQL database servers [2]. Database language usually has two components:

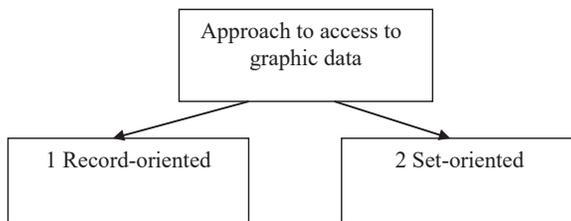
- Schema Definition Language – SDL [7];
- Data Manipulation Language – DML.

The most common for various data types is the SQL declarative language (Structured Query Language), that supports SDL and DML of relational

**Pic. 1. Illustration of the algorithm for processing and transmission through the network of composite geometric objects based on MRO.**







**Pic. 2. Approaches to access to graphic data.**

**Table 1**

**Database rating**

Models	Relational	Key-value	Distributed storage	Document-oriented	Graph-based
1	Oracle	Redis	Cassandra	MongoDB	Neo4j
2	MySQL	Memcached	HBase	Amazon DynamoDB	Titan
3	Microsoft SQL Server	Riak KV	Microsoft Azure Table Storage	Couchbase	Giraph
4	PostgreSQL	Hazelcast	Hypertable	CouchDB	InfiniteGraph
5	DB2	Enhache	Google Cloud Bigtable	RethinkDB	Dgraph

Source: <https://db-engines.com/en/>.

*DBMS. In computer networks, SQL is present along with some protocols and session-level interfaces:*

- NFS (Network File System) – network file system, used on UNIX stations along with TCP/IP;
- RPC (Remote Procedure Call) – a call to remote procedures that are created on the client's PC and are executed on the server;
- Xwindows is aimed to communicate with remote UNIX PCs;
- DNASCP – session layer protocol in DECnet networks, it is widely used.

There are three forms of SQL: interactive, static and dynamic. They are operated basically in one and the same way, but are used differently. Interactive one is the basis of the language [8].

For some specific projects, new data storage models are more suitable. They are called non-relational or no SQL. At the moment there are already hundreds of different DBMS, each of which has its own advantages and disadvantages and is suitable for certain tasks. And in order to be able to choose the best tool for the task, it is necessary to have tools for testing and comparative analysis of databases. The choice of data storage technology should be made after receiving complete information about each type of database and testing them for the particular task. Of all the models, the relational one is most relevant, it is based on the relationship between the stored information. The results are grouped by selected models and are presented in Table 1 [9].

Let's suppose that there is a task to select a DBMS for storing geometric objects specified by MRO method [4]. Let's analyze DBMS following the sample in Table 2, containing the connection matrix of geometric objects and the simplest geometric objects [10] (the complete matrix is not shown because of big volume of data that can't be formatted for publication).

As a result of the analysis, Microsoft SQL Server [11] is proposed for exchange and storage of geometric information.

The advantages of SQL are, above all, an easy-

**Table 2**

matr	OB1	OB2	OB3

to-understand language and at the same time a universal data management tool.

The following features have contributed to the success of SQL language:

- independence from specific DBMS;
- transferability from one computer system to another;
- availability of standards;
- IBM approval (DB2 DBMS);
- support from Microsoft (ODBC protocol);
- relational framework;
- high-level structure resembling English language;
- ability to perform special interactive requests;
- providing programmatic access to databases;
- possibility to present data in different forms;
- adequacy of the language designed to work with databases;
- ability to dynamically identify data;
- client/server architecture support.

All of these factors made SQL a standard tool for managing data on personal computers, mini-computers and large computers [12].

Table 3 presents the general sample view of a matrix of implementation of operations that is to be filled for particular cases. The matrix should comprise codes of pieces of a given surface and algorithms of their implementation with different methods.

Following the algorithm implementation by the given method the R-descriptor is transmitted over the network which is a method of filling in the parameters of network transport, where:

- state – state of the object, information about fragment locks [13];
- UserID – user mode identifier.



## Storage of geometric information

Codes of pieces	Algorithm implementation method 1	Algorithm implementation method 2	Algorithm implementation method 3	Algorithm implementation method 4

Further image processing relies on several successive levels of the ascending information line («iconic representation of objects (raster image, unstructured information) – a symbolic representation (vector and attribute data in a structured form, relational structures)») and is implemented through the following processing steps:

- image preprocessing;
- primary image segmentation;
- selection of the geometric structure of the visible field;
- determination of the relative structure and semantics of the visible scene [15].

The presented material depicts the steps to implement storage of geometric objects specified by MRO method [14].

**Conclusion.** It should be noted that ways of specifying the surfaces of geometric objects, other than MRO, have rather labourious processing algorithms that are unsuitable for the line-by-line imaging of scenes, since they do not provide the required delay in a closed control system. The considered basic issues remain topical for transport industry.

## REFERENCES

1. Kopteva, L. G. Approaches to information processing of mathematical models of geometric objects when forming a database for GIS [Podkhody k informatsionnoi obrabotke matematicheskikh modelei geometricheskikh ob'ektov pri formirovani bazy dannykh dlya GIS]. In: Higher vocational education in railway transport: present and future: Collection of scientific works on the materials of the international conference. Moscow, RGOTUPS, 2001, pp. 142–144.
2. Rob, P., Coronel, C. Database systems: design, implementation and management. Trans. from English. 5<sup>th</sup> ed. St. Petersburg, BHV–Petersburg, 2004, 1040 p.
3. Borisenkov, D. V. Special mathematics and software for manipulating distributed objects in a relational DBMS based on polytomic representations. Ph.D. (Eng) thesis [Spetsialnoe matematicheskoe i programnoe obespechenie manipulirovaniya raspredelennymi ob'ektami v relyatsionnoi SUBD na osnove politomicheskikh predstavlenii. Dis... kand. tekhn. nauk]. Voronezh, VSTU, 2007, 145 p.
4. Kopteva, L. G. Building models of geometric objects, their processing and transmission in transport information networks. D.Sc. (Eng) thesis [Postroenie modelei geometricheskikh ob'ektov, ikh obrabotka i peredacha v transportnykh informatsionnykh setyakh. Dis... dok. tekhn. nauk]. Moscow, ROAT, 2005, 189 p.
5. Rvachev, V. L. The theory of R-functions and some of its applications [Teoriya R-funktsii i nekotorye ee prilozheniya]. Kiev, Naukova Dumka, 1982, 552 p.
6. Proceedings of the conference «Knowledge

Management and Technology of the Semantic Web 2010». St. Petersburg, SPbSU ITMO, 2010, 187 p.

7. Letsky, E. K., Pankratov, V. I., Yakovlev, V. V. [et al]. Information Technologies in Railway Transport: Textbook [Informatsionnie tekhnologii na zheleznodorozhnom transporte: Uchebnik]. Moscow, UMK Ministry of Railways of Russia, 2001, 668 p.

8. Skorbilina, T. S. Development of a software module for testing databases [Razrabotka programmnoy modulya testirovaniya baz dannykh]. Molodoy ucheniy, 2017, Iss. 10, pp. 34–37. [Electronic resource]: <https://moluch.ru/archive/144/40328/>. Last accessed 12.12.2018.

9. Malichenko, D. A. Development and research of methods for storing and transmitting information in distributed systems. Ph.D. (Eng) thesis [Razrabotka i issledovanie metodov khraneniya i peredachi informatsii v raspredelennykh sistemakh. Dis... kand. tekhn. nauk]. St. Petersburg, GUAP, 2017, 125 p.

10. Rvachev, V. L. Geometric applications of the algebra of logic [Geometricheskie prilozheniya algebrы logiki]. Kiev, Tekhnika, 1968, 287 p.

11. Qin, Yong & Liu, F & Zhou, Z.-M & Lai, W.-B & Jia, Limin (2003). Research on application framework of railway geographic information system in China Railway Administration. Zhongguo tiedao kexue, 2003, Iss. 24, p. 7.

12. Teterkina, N. I. Database development for the insurance business on the example of OJSC Renaissance [Razrabotka bazy dannykh dlya strakhovogo biznesa na primere OAO Renaissance]. Diploma project. Moscow, 2018, 50 p.

13. Ryan, Daniel L. Modern Graphic Communications: A Computer Aided Design Approach. Transl. from English. Moscow, Mir, 1989, 392 p.

14. Smirnov, S. N. Development of information models for GIS (graphic information systems) of railway transport [Razrabotka informatsionnykh modelei dlya GIS (graficheskikh informatsionnykh sistem) zheleznodorozhnogo transporta]. Proceedings of 12<sup>th</sup> international conference on computer graphics and machine vision «Graphicon-2002». Nizhny Novgorod, 2002, pp. 403–405.

15. Technical Vision in Mobile Objects Management Systems-2010 [Tekhnicheskoe zrenie v sistemakh upravleniya mobilnymi ob'ektami-2010]. Proceedings of scientific and technical conference-seminar. Issue 4. Ed. by R. R. Nazirov. Moscow, KDU, 2011, 328 p.

16. Timoshenko, V. V. Laboratory work on database administration [Laboratornye raboty po administrirovaniyu BD]. Diploma project. Moscow, 2018, 183 p.

17. Kopteva, L. G. The Questions of Geometry and Programme-Information Supports for Computer-Aided Design Systems. In: Information Technology in Design. EWITD96. Proceedings of International Conference. Moscow, Russia, 1996, pp. 318–322. ●

Information about the author:

**Dontsov, Igor E.** – engineer of LLC Gazprom Transgaz Surgut, Surgut, Russia, dontsov2011@mail.ru.

Article received 03.12.2018, accepted 21.01.2019.



## **В МОСКВЕ ОДОБРЕН ПРОЕКТ НОВОЙ ЛИНИИ МЕТРО ОТ «ШЕЛЕПИХИ» ДО «СТРОГИНО»**

**О**добрен проект планировки участка перспективной Рублёво-Архангельской линии метро – от станции «Шелепиха» до «Строгино». Такое решение было принято на заседании Градостроительно-земельной комиссии под руководством Сергея Собянина.

Участок протяжённостью 10 километров включит четыре станции. Проект планировки вынесут на публичные слушания.

Станция «Проспект Маршала Жукова» появится на пересечении проспекта Маршала Жукова и улицы Демьяна Бедного и станет пересадочной на строящуюся станцию «Улица Народного Ополчения» Большой кольцевой линии. Станцию «Бульвар Генерала Карбышева» построят на пересечении улицы Маршала Тухачевского и бульвара Генерала Карбышева, а «Живописную» – в районе пересечения улиц Живописной и Паршина.

Последняя станция участка – «Строгино» – будет пересадочной на одноимённую станцию Арбатско-Покровской линии. Вестибюли будут выходить на Строгинский бульвар и Таллинскую улицу.

В перспективе новая ветка должна соединить деловой центр «Москва-Сити» с развивающейся территорией на западе столицы. В результате метро станет доступнее примерно для 320 тысяч жителей районов Строгино и Хорошёво-Мнёвники. Появятся дополнительные пересадочные узлы на Арбатско-Покровской и Большой кольцевой линиях метро. Кроме того, снизится интенсивность движения по ряду дорог, в том числе по Новорижскому и Ильинскому шоссе.

**По материалам сайта мэра Москвы:**  
<https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/5458050> ●

## **MOSCOW NEW METRO LINE LAYOUT APPROVED FROM SHELEPIKHA TO STROGINO**

**M**oscow Mayor Sergei Sobyenin chaired a meeting of the Urban Planning and Land Use Commission, with the participants approving the layout of a section of the metro's planned Rublyovo-Arkhangelskaya Line between the Shelepikha and Strogino stations.

The 10-kilometre line is to include four stations, and its layout is to be discussed during public hearings.

Prospekt Marshala Zhukova station, to be built at the intersection of Marshal Zhukov avenue and Demyana Bednogo Street, will provide seamless connections to the unfinished Ulitsa Narodnogo Opolcheniya station of the Big Circle Line (No. 11). The Bulvar Generala Karbysheva station will be located at the intersection of Marshala Tukhachevskogo Street and General Karbyshev Boulevard. And Zhivopisnaya station will be located at the intersection of Zhivopisnaya Street and Parshina Street.

Strogino, the line's most remote station, will have an interchange where passengers can reach the station of the same name on the Arbatsko-Pokrovskaya Line (No. 3). The station will have two exits leading to Stroginsky Boulevard and Tallinskaya Street.

The new line will eventually link the Moscow City Business Centre with a developing area in western Moscow and will improve access to the metro for 320,000 people in Strogino and Khoroshyovo-Mnyovniki districts. Additional transport hubs will appear on the Arbatsko-Pokrovskaya and Big Circle lines. Moreover, congestion will be reduced on some routes, including the Novorizhskoye and Ilyinskoye motorways.

**Compiled from the Web-site of the Mayor of Moscow:** <https://www.mos.ru/en/news/item/52305073> ●



# Применение стандартов на документацию



Елена КАРПУЧЕВА

Elena V. KARPUCHEVA

## Application of Documentation Standards

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 202)

**В статье рассматриваются проблемы разработки и применения международных и национальных государственных стандартов по управлению документацией, толкование понятий «стандартизация» и «стандарт», особенности государственной системы и межгосударственной системы стандартизации. Представлены требования, которые предъявляются к оформлению управленческих документов, порядку и правилам делопроизводства и ведения организационно-распорядительной документации, включая государственный, муниципальный, корпоративный (стандарт организации) уровни.**

**Ключевые слова:** стандарт, стандартизация, национальный стандарт, международный стандарт, межгосударственный стандарт, корпоративный стандарт, документация, требования к оформлению.

*Карпучева Елена Вячеславовна – кандидат исторических наук, доцент кафедры документоведения и документационного обеспечения управления Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

**С**ама идея стандартизации, как представляется, скорее всего возникла с момента образования человеческого общества. В качестве доказательства этого тезиса можно привести десять библейских заповедей. Если оценить их суть с позиции теории стандартизации, то правомерно по совокупности квалифицировать их, ни много ни мало, как один из первых в земной истории стандартов поведения. А Ветхий Завет, таким образом, может считаться одним из первых нормативных документов международного уровня.

Если же рассматривать тему с позиции философии, то стандартизация – это, вероятно, естественная попытка человека и общества преодолеть вечный хаос в самих себе и тем самым обеспечить собственное выживание – порознь и вместе.

Впрочем вряд ли стоит при столь ответственных суждениях не замечать и вполне очевидное: проблема стандартизации, имея глубокие исторические корни, остаётся актуальной и в XXI столетии. Причём она имеет разную и в то же время преимущественно прикладную локализацию.

Цель этой статьи – анализ порядка применения стандартов на документацию

в государственных и негосударственных организациях.

Задачи — дать сравнительную характеристику терминов «стандарт» и «стандартизация», изучить и провести сравнительный анализ уровней стандартизации в стране, оценить практику применения стандартов на документацию.

## I.

На современном этапе понятия «стандартизация» и «стандарт» трактуются неоднозначно.

С одной стороны, стандартизация представляет собой процесс формирования единых принципов (правил), регулирующих те или иные стороны человеческой деятельности. «Стандартизация: деятельность, направленная на достижение оптимальной степени упорядочения в определённой области посредством установления положений для всеобщего и многократного использования в отношении реально существующих или потенциальных задач» [1, 2]. При этом «российская национальная стандартизация: деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг» [3].

С другой стороны, под стандартизацией можно понимать разработку нормативных документов, закрепляющих эти единые принципы. Ведь как только формулируются какие-то принципы и правила деятельности, возможным (и даже желательным) становится их закрепление в соответствующих нормативных установлениях.

*Различают уровни стандартизации: международный, межгосударственный, государственный (национальный).* Иначе говоря — участие в деятельности по стандартизации с учётом географического, политического или экономического признаков.

*Международный уровень:* стандартизация, участие в которой открыто для национальных органов по стандартизации всех стран мира.

*Межгосударственный уровень:* на уровне Содружества Независимых Государств, правительства которых заключили соглашение о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации в этих областях деятельности; также национальные органы по стандартизации

образовали Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС).

*Государственный (национальный) уровень:* стандартизация, проводимая на уровне одной страны-участницы соглашения о проведении согласованной политики в области стандартизации, метрологии, сертификации и аккредитации в этих областях деятельности.

Согласно ГОСТ 1.1-2002 [2] также различают термины «государственная стандартизация» и «национальная стандартизация».

*Национальная стандартизация* проводится на уровне одной отдельно взятой страны.

Термин «государственная стандартизация» употребляют, когда необходимо подчеркнуть, что выражаемое им понятие не относится к стандартизации, которая проводится в странах, не участвующих в соглашении. В остальных случаях употребляют более общий термин «национальная стандартизация».

*Межгосударственная система стандартизации* есть совокупность организационно-методических мер, которые направлены на разработку и применение межгосударственных стандартов с целью обеспечения согласованной деятельности в области стандартизации, осуществляемой на основе соглашения (например, в формате ЕАЭС).

В свою очередь, стандарты — сформулированные принципы и правила, регулирующие какую-либо деятельность. Национальный стандарт Российской Федерации, утверждённый национальным органом в целях добровольного многократного использования, устанавливает характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, выполнения работ или оказания услуг [3].

Впрочем, стандартами можно называть и нормативные документы, закрепляющие действующие принципы и правила. «Стандарт — нормативный документ, который разработан на основе консенсуса, принят признанным на соответствующем уровне органом и устанавливает для всеобщего и многократного использования правила, общие принципы или характеристики, касающиеся различных видов деятельности или их результатов, и который направлен на достижение оптимальной степени упорядочения в определённой области» [2].

Первый международный стандарт по управлению документацией — ГОСТ Р ИСО 15489-



1-2007. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу (СИБИД). Управление документами. Общие требования [4]. Он был принят в 2007 году. Спустя несколько лет для совершенствования управления документацией разработаны соответствующие международные стандарты серии ИСО 30300:

- ИСО Р 30300-2015. Системы управления документами. Основные положения и словарь.
- ИСО Р 30301-2014. Системы менеджмента записей. Требования.
- ИСО 23081-1-2008. Процессы управления документами. Метаданные для документов.
- ИСО 13008-2015. Процесс конверсии и миграции цифровых документов.
- ИСО 16175-3:2010. Принципы и функциональные требования к документам в электронной офисной среде.
- ИСО/ТО 13028. Руководство по внедрению оцифровки документов.
- ИСО/ТО 26122. Анализ рабочих процессов в отношении документов.

## II.

Требования, предъявляемые к оформлению управленческих документов, в настоящее время сформулированы в ГОСТ Р 7.0.97-2016. СИБИД. Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов [10].

Сразу обращает на себя внимание то, что в первом разделе «Область применения» отсутствует фраза «имеет рекомендательный характер». Появились новые разделы «Нормативные ссылки» и «Общие требования к созданию документов». Последний систематизирует и описывает правила, касающиеся всех видов реквизитов, в том числе текста:

- номера страниц;
- предпочтительные гарнитуры и размеры шрифтов;
- абзацный отступ;
- величина межстрочного интервала, интервалов между буквами и словами;
- выравнивание текста;
- максимальная длина строки при угловом и продольном расположении;
- правила выделения полужирным шрифтом;
- оформление титульного листа.

Изменения, отражённые в ГОСТ Р 7.0.97-2016, направлены на совершенствование предшествующего ГОСТ Р 6.30-2003.

Они коснулись прежде всего состава реквизитов. Например, в него добавлены: гриф ограничения доступа, отметка об электронной подписи, наименование структурного подразделения-автора документа, наименование должности лица-автора документа.

Некоторые реквизиты объединены в один, например, справочные данные об организации включают уже не только почтовый адрес и номер телефона, но и ОКПО, ОГРН, ИНН/КПП.

Раздел «Общие требования к созданию документов» дополнен правилами использования вступительных обращений и заключительной этикетной фразы, электронной подписи, а также подписи лица, исполняющего обязанности руководителя.

В раздел «Бланки» включён еще один формат – А-6, определён размер левого поля для документов с длительными сроками хранения (свыше 10 лет), установлены правила использования бланков на двух языках.

В апреле 2016 года были внесены изменения в «Правила делопроизводства в федеральных органах исполнительной власти» (постановление Правительства Российской Федерации от 26.04.2016 г. № 356). По сравнению с предыдущим вариантом правил (постановление Правительства от 15.06.2009 г. № 477), согласно которому предполагалось использование при составлении и оформлении документов десяти реквизитов, в новой версии их количество увеличено до двадцати восьми.

В связи с разработкой ГОСТ Р 7.0.97-2016 Росархив подготовил Примерную инструкцию по делопроизводству в государственных организациях (утверждена приказом Росархива от 11.04.2018 г. № 44; зарегистрирована Минюстом РФ 17.08.2018 г. № 51922). Это заметное событие в сфере документационного обеспечения, так как до сего дня не было нормативного акта, регулирующего создание документов и организацию работы с ними именно в государственных организациях всех организационно-правовых форм.

Речь идёт, в частности, о правилах работы с документами независимо от вида носителя, их хранения и передачи в архив государственной организации. В перечне реквизитов – 29 позиций. Он в целом совпадает с перечнем ГОСТ Р 7.0.97-2016 за исключением реквизита «Государственный герб субъекта Российской Федерации», что указывает, в свою очередь, на область распространения действия правительственного нормативного акта.

С момента вступления в силу подготовленной Росархивом примерной инструкции на ее основе могут разрабатываться и редактироваться индивидуальные инструкции, утверждаемые руководителями государственных организаций.

Данный нормативный документ имеет отношение и к ОАО «РЖД», поскольку доля принадлежащих Российской Федерации акций в этом обществе составляет 100 %, и оно может в какой-то мере быть квалифицировано как государственная корпорация. Ныне в «РЖД» действует «Инструкция по делопроизводству и документированию управленческой деятельности» (утверждена приказом ОАО «РЖД» от 14.12.2017 г. № 120), в целом отвечающая «Правилам делопроизводства в федеральных органах исполнительной власти» и ГОСТ Р 6.30-2003. Она введена в оборот (после внесения изменений в соответствии с редакцией правил от 26.04.2016 г. № 356) в январе 2018 года, и в ней не учтены (из-за более поздней регистрации Минюстом) некоторые положения примерной инструкции и ГОСТ Р 7.0.97-2016, то есть, она нуждается в доработке.

Аналогичная ситуация сейчас сложилась, к примеру, и в ГУП «Московский метрополитен», где действует «Инструкция по делопроизводству и документированию управленческой деятельности» (утверждена приказом ГУП от 06.08.2015 г. № 790), и в других транспортных организациях.

Согласно Примерной инструкции, государственные организации — источники комплектования государственных и муниципальных архивов должны будут согласовывать свои инструкции с соответствующим федеральным архивом, уполномоченным органом исполнительной власти в сфере архивного дела или государственным (муниципальным) архивом. Это вполне определённо указывает на движение в сторону усиления акцента на унификацию и стандартизацию состава и форм документов федеральных органов исполнительной власти.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени, как следует из сделанного анализа, наработан обширный перечень стандартов, регламентирующих все основные аспекты делопроизводства организаций. Однако нетрудно заметить,

что упомянутые стандарты носят «внешний» по отношению к организации характер, были разработаны ведомственными структурами госвласти. Наличие «внешних» стандартов является при этом необходимым, но далеко не всегда достаточным условием обеспечения качества системы управления производством, сферой услуг, социальной жизнью. Кроме них должны быть и «внутренние» стандарты, которые на деле принято считать корпоративными. Хотя официально их все-таки следует называть стандартами организации.

Надо полагать, лишь такой всеобъемлющий подход к ведению делопроизводства даст стандартоприменительной практике возможность пользоваться более полным набором формализованных образцов для производственной, служебной и административной деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «О стандартизации в Российской Федерации» от 29.06.2015 г. № 162-ФЗ.
2. ГОСТ 1.1-2002. Межгосударственная система стандартизации (МГСС). Термины и определения.
3. ГОСТ Р 1.12-2004. Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.
4. ГОСТ Р ИСО 15489-1-2007. СИБИД. Управление документами. Общие требования.
5. ГОСТ Р ИСО Р 30300-2015. Системы управления документами. Основные положения и словарь.
6. ГОСТ Р ИСО Р 30301-2014. Системы менеджмента записей. Требования.
7. ГОСТ Р ИСО 23081-1-2008. Процессы управления документами. Метаданные для документов.
8. ГОСТ Р ИСО 13008-2015. Процесс конверсии и миграции цифровых документов.
9. ГОСТ Р ИСО 16175-3:2010. Принципы и функциональные требования к документам в электронной офисной среде.
10. ГОСТ Р 7.0.97-2016 СИБИД. Организационно-распорядительная документация. Требования к оформлению документов.
11. Мазур С. Ф., Карпычева Е. В. Совершенствование практики применения законодательства об электронном документообороте // Мир транспорта. — 2017. — № 6. — С. 170—180.
12. Варламова Л. Н. Стандартизация управления документами: Учебник — 2-е изд., доп. — М.: Термика, 2018. — 506 с.
13. Мазур С. Ф. Правовое регулирование электронного документооборота на транспорте // Мир транспорта. — 2018. — № 6. — С. 136—145.

Координаты автора: **Карпычева Е. В.** — elena.evk2012@yandex.ru.

Статья поступила 17.10.2018, принята к публикации 23.01.2019.



*Karpycheva, Elena V., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

## ABSTRACT

The article deals with the problems of development and application of international and national state standards for records management, suggests interpretation of the concepts of «standardization» and «standard», depicts the state system and the interstate standardization system.

*Keywords:* standard, standardization, national standard, international standard, interstate standard, corporate standard, documentation, requirements for execution.

**Background.** *The very idea of standardization seems to have arisen most likely since formation of human society. Biblical Ten Commandments can be quoted as a proof of this thesis. If we evaluate their essence from the standpoint of the theory of standardization, then it is legitimate to qualify them as one of the first standards of behaviour in the history of the Earth. And the Old Testament, therefore, can be considered as one of the first normative documents at the international level.*

*If we consider the topic from the standpoint of philosophy, then standardization is probably the natural attempt of a person and the society to overcome the eternal chaos in themselves and thus ensure their own survival – separately and together.*

*However, it is quite obviously worth noting, following such responsible judgments, that the problem of standardization, having deep historical roots, remains relevant in 21<sup>st</sup> century. Moreover, it has a different and at the same time mainly applied localization.*

**Objective.** *The purpose of this article is to analyze the procedure for applying standards for documentation in state and non-state organizations.*

*The tasks are to give a comparative description of the terms «standard» and «standardization», to study and conduct a comparative analysis of the standardization levels in Russia, to evaluate the practice of applying standards for documentation.*

**Methods.** *The author uses general scientific methods, comparative analysis, content and documentation analysis.*

### Results.

#### I.

*At the present stage, the concepts of «standardization» and «standard» are interpreted ambiguously.*

*On the one hand, standardization is the process of forming common principles (rules) regulating certain aspects of human activity. «Standardization: activities aimed at achieving the optimal degree of streamlining in a certain area through establishment of provisions for universal and multiple use in relation to actual or potential tasks» [1, 2]. At the same time, «Russian national standardization: activities to establish rules and characteristics for the purpose of their voluntary multiple use, aimed at achieving orderliness in the areas of production and circulation of products and increasing competitiveness of products, works or services» [3].*

*On the other hand, standardization can be considered as development of regulatory documents enshrining these common principles. After all, as soon as some principles and rules of activity are formulated,*

*The requirements that are set in the field of records management, procedures and rules of clerical work and maintenance of organizational and administrative documentation at state, municipal, corporate levels are presented. The article argues that some procedures within Russian transport companies should be updated.*

*it becomes possible (and even desirable) to fix them in the relevant regulatory provisions.*

*There are levels of standardization that can be differentiated as international, interstate, state (national) ones. In other words – participation in standardization activities is performed taking into account geographic, political or/and economic characteristics.*

**International level:** *standardization, participation in which is open to national standardization bodies of all countries of the world.*

**Interstate:** *standardization at the level of the Commonwealth of Independent States, whose governments have entered into an agreement on a coordinated policy in the field of standardization, metrology, certification and accreditation in these areas of activity. Also the national standardization bodies formed the Eurasian Council for Standardization, Metrology and Certification (EASC).*

**State (national):** *standardization carried out at the level of one participating country of an agreement on implementation of a harmonized policy in the field of standardization, metrology, certification and accreditation in these areas of activity.*

*According to GOST 1.1-2002 [2], the terms «state standardization» and «national standardization» are also distinguished.*

*National standardization is carried out at the level of a single country.*

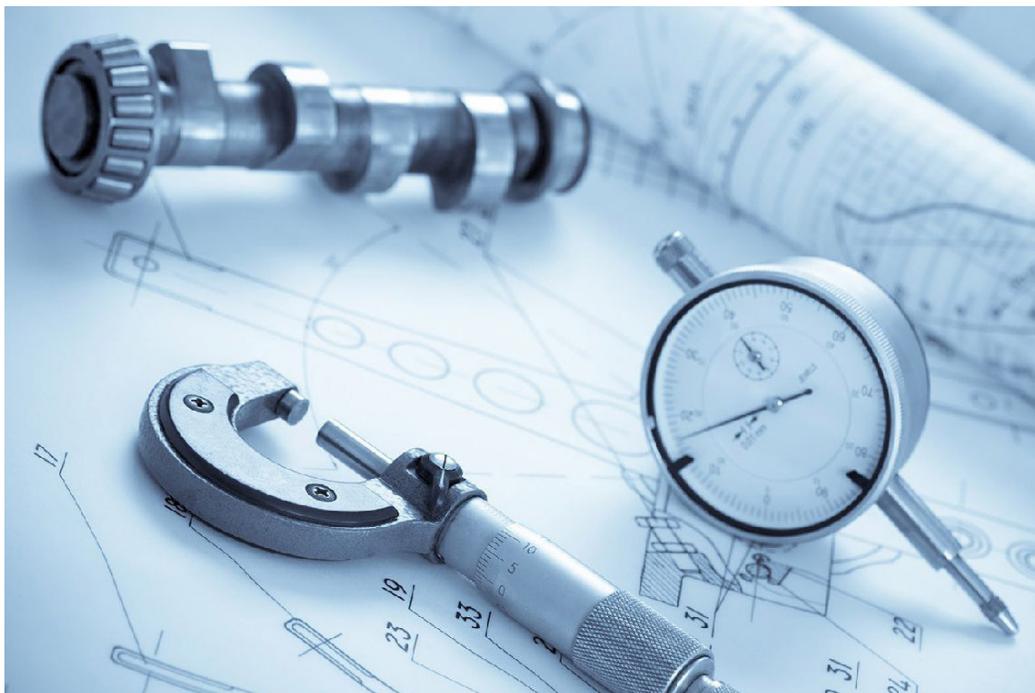
*The term «state standardization» is used when it is necessary to emphasize that the concept it expresses does not refer to standardization, which is carried out in countries not participating in the Eurasian agreement. In other cases, the more general term «national standardization» is used.*

*The interstate system of standardization is a set of organizational and methodological measures that are aimed at development and application of interstate standards in order to ensure a coordinated activity in the field of standardization carried out on the basis of the Eurasian agreement.*

*In turn, standards are formulated principles and rules governing any activity. The national standard of the Russian Federation, approved by the national authority, for the purpose of voluntary multiple use establishes product characteristics, implementation rules and characteristics of the processes of production, operation, storage, transportation, execution of works or provision of services [3].*

*However, regulatory documents, enshrining the existing principles and rules can be called standards. «Standard: a normative document that is developed on the basis of consensus, adopted by an appropriately recognized authority and establishing rules for general and repeated use of the rules,*





general principles or characteristics relating to different types of activities or their results, and which aims to achieve an optimal degree of ordering in a certain area» [2].

The first international standard for document management – GOST R ISO 15489-1-2007 SIBID. Records management. General requirements [4]. It was adopted in 2007. A few years later, to improve management of documents, the corresponding international standards of ISO 30300 series were developed:

- ISO R30300-2015. Management systems for records. Fundamentals and vocabulary.
- ISO R30301-2014. Management systems for records. Requirements.
- ISO 23081-1-2008. Records management processes. Metadata for records.
- ISO 13008-2015. Digital records conversion and migration process.
- ISO 16175-3:2010. Principles and functional requirements for records in an electronic office environment.
- ISO/TR 13028. Implementation guidelines for digitization of records.
- ISO/TR 26122. Work process analysis for records.

## II.

Requirements for records management are currently formulated in GOST R7.0.97-2016 «SIBID. Organizational and administrative documentation. Requirements for presentation of records» [10].

At once the attention is drawn to the fact that in the first section «Scope» there is no phrase that the standard «has a recommendatory character». New sections «Regulatory References» and «General Requirements for Creation of Records» have appeared. The latter systematizes and describes the rules relating to all types of details, including the text:

- page numbers;
- preferred typefaces and font sizes;

- paragraph indent;
- the value of line spacing, the spacing between letters and words;
- text alignment;
- maximum string length at angular and longitudinal location;
- rules of application of bold letters;
- execution of a title page.

The changes reflected in GOST R7.0.97-2016 are aimed at improving the preceding GOST R6.30-2003.

They touched primarily the composition of details. For example, the following items have been added to it: access restriction stamp, a mark on an electronic signature, the name of the structural unit which is the author of the document, the name of the position of the person – author of the document.

Some details are combined into one, for example, reference data about the organization include not only the postal address and telephone number, but also some references on tax-payer ID, professional activities ID, legal entities register ID.

The section «General Requirements for Creation of Records» is supplemented by the rules for the use of introductory addresses and the final etiquette phrase, electronic signature, and the signature of the person acting as a manager.

Another format A-6 is included in the «Forms» section, the size of the left margin for documents with long storage periods (over 10 years) has been determined, and rules for the use of forms in two languages have been established.

In April 2016, changes were made to the «Rules of office work in the federal executive bodies» (Resolution of the Government of the Russian Federation No. 356 of April 26, 2016). Compared with the previous version of the rules (Resolution of the Government of the Russian Federation of June 15, 2009 No. 477), according to which it was supposed to use ten details in the preparation and execution of documents, their number was increased to 28 in the new version.



In connection with development of GOST R 7.0.97-2016, the Rosarkhiv [Federal Archives Service] published Frame Instructions for Records Management in State Organizations (approved by the order of the Rosarkhiv dated 11.04.2018 No. 44; registered by the Ministry of Justice of the Russian Federation on 17.08.2018 No. 51922). This is a significant event in the field of information and documentation, since until today there has not been a regulatory act regulating creation of documents and organization of work with them in state organizations of all organizational and legal forms.

We are talking, in particular, about the rules for working with documents, regardless of the type of media, their storage and transfer to the archives of the state organization. In the list of details there are 29 of them. It generally coincides with the list of GOST R 7.0.97-2016 with the exception of the requisite «State Emblem of the Russian Federation», which indicates, in turn, the scope of the government regulatory act.

From the moment of publication of frame instruction prepared by the Rosarkhiv, the individual instructions approved by the heads of state organizations can be developed and edited.

This regulatory document is also related, in my opinion, to JSC Russian Railways, since the Russian Federation is the owner of 100% of shares of that company, and it can be conditionally qualified as a state corporation. Nowadays, JSC Russian Railways has «Instruction on clerical work and record management activities» (approved by the Order of JSC Russian Railways No. 12 of December 14, 2017), which generally conforms to the «Rules of office work in federal executive bodies» and GOST R 6.30-2003. It was put into circulation (after being amended in accordance with the editorship of Regulation No. 356 of April 26, 2016) in January 2018 and so some provisions were not taken into account (due to the later registration by the Ministry of Justice) of Frame instructions and GOST R 7.0.97-2016. That is, it needs refinement.

A similar situation has now developed, for example, in the state unitary enterprise Moscow Metro, where the «Instruction on clerical work and records management activities» (approved by the order of the State Unitary Enterprise dated August 6, 2015 No. 790) is in force, and in other transport organizations.

According to the Frame instructions, government organizations that create state and municipal archives will have to coordinate their instructions with the relevant federal archive, the authorized executive body in the field of archives or the state (municipal) archive. This clearly indicates a move towards greater emphasis on unification and standardization of the composition and forms of documents of federal executive bodies.

**Conclusion.** By now, as follows from the analysis made, an extensive list of standards has been developed that regulates all the main aspects of office management of organizations. However, it is not difficult to notice that the standards mentioned are of «external» character as they were developed by the departmental structures of public administration. The presence of «external» standards is a necessary but

by no means the sufficient condition for ensuring the quality of the system of management of production, service sector, and social life. In addition to them, there should be «internal» standards that are actually considered to be corporate. Although officially they should still be called standards of an organization.

Presumably, only such a comprehensive approach to office work will provide standard application practices with an opportunity to use a more complete set of formalized samples for production, service and administrative activities.

## REFERENCES

1. Federal Law «On Standardization in the Russian Federation» dated 29.06.2015 No. 162-FZ [*Federalnyi zakon «O standartizatsii v Rossiiskoi Federatsii» ot 29.06.2015 No. 162-FZ*].
2. GOST 1.1-2002. Interstate Standardization System (MGSS). Terms and Definitions [*GOST 1.1-2002. Mezhgosudarstvennaya sistema standartizatsii (MGSS). Teminy i opredeleniya*].
3. GOST R 1.12-2004. Standardization in the Russian Federation. Terms and Definitions [*GOST R 1.12-2004. Standartizatsiya v Rossiiskoi Federatsii. Terminy i opredeleniya*].
4. GOST R ISO 15489-1-2007 SIBID. Records management. General requirements [*GOST R ISO 15489-1-2007 SIBID. Upravlenie dokumentami. Obshchie trebovaniya*].
5. GOST R ISO R30300-2015. Management systems for records. Fundamentals and vocabulary [*GOST R ISO R30300-2015. Sistemy upravleniya dokumentami. Osnovnye polozheniya i slovar'*].
6. GOST R ISO R30301-2014. Management systems for records. Requirements [*GOST R ISO R30301-2014. Sistemy menedzhmenta zapisei. Trebovaniya*].
7. GOST R ISO 23081-1-2008. Records management processes. Metadata for records [*GOST R ISO 23081-1-2008. Protssesy upravleniya dokumentami. Metadannie dlya dokumentov*].
8. GOST R ISO 13008-2015. Digital records conversion and migration process [*GOST R ISO 13008-2015. Protssess konversii i migratsii tsifrovyykh dokumentov*].
9. GOST R ISO 16175-3:2010. Principles and functional requirements for records in an electronic office environment [*GOST R ISO 16175-3:2010. Printsipy i funktsionalnie trebovaniya k dokumentam v elektronnoi ofisnoi srede*].
10. GOST R 7.0.97-2016 SIBID. Organizational and administrative documentation. Requirements for presentation of records [*GOST R 7.0.97-2016 SIBID. Organizatsionno-rasporyaditel'naya dokumentatsiya. Trebovaniya k oformleniyu dokumentov*].
11. Mazur, S. F., Karpicheva, E. V. Improving the application of legislation on electronic document management. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 6, pp. 170–180.
12. Varlamova, L. N. Standardization of records management: Textbook [*Standartizatsiya upravleniya dokumentami: Uchebnik*]. 2<sup>nd</sup> ed., enl. Moscow, Termika, 2018, 506 p.
13. Mazur, S. F. Legal regulation of electronic document management for transport. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 6, pp. 136–145. ●

Information about the author:

**Karpycheva, Elena V.** – Ph.D. (History), associate professor of the department of Documentation and records management of Russian University of Transport, Moscow, Russia, elena.evk2012@yandex.ru.

Article received 17.10.2018, accepted 23.01.2019.

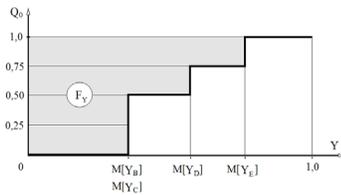


## КУЛЬТУРА 206

*Для безопасности она одна.  
Ставящая заслоны.*

## ТРУБОПРОВОД 218

*Стойкость на пути аварии.*



## КОНТАКТНАЯ СЕТЬ 230

*Высота и пределы  
рисков безопасности  
инфраструктуры  
электрообеспечения железных  
дорог.*

# БЕЗОПАСНОСТЬ • SAFETY AND SECURITY



## SAFETY CULTURE 206

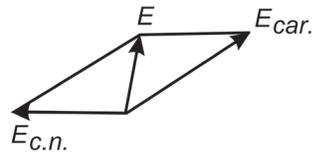
*Safety culture has a single  
objective: to prevent.*

## PIPELINE 218

*Resistibility to the accident  
occurrence.*

## CATENARY SYSTEM 230

*How to limit risks  
to safety of power supply  
railway infrastructure,  
even if it is... located high.*



# Культура обеспечения безопасности транспорта



Владимир ПОПОВ  
Vladimir G. POPOV

Филипп СУХОВ  
Philip I. SUKHOV



Юлия БОЛАНДОВА  
Yulia K. BOLANDOVA

*Попов Владимир Георгиевич – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Сухов Филипп Игоревич – кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Боландова Юлия Константиновна – ассистент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

**Transport Safety Culture**  
(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 213)

**В статье на основе функционально-ориентированного подхода к декомпозиции транспортной системы оцениваются взаимосвязи в её управляющих механизмах, включая и управление безопасностью транспорта. При этом анализируются иерархические системные уровни, стратегические цели развития, социальные, информационные, экологические аспекты безопасности, даётся классификация угроз транспорту и его подсистемам (объектам). Особое место авторы отводят культуре безопасности как социальной установке, призванной формировать упреждающее отношение к возникающим угрозам и рискам при транспортировке пассажиров и грузов.**

**Ключевые слова:** транспорт, безопасность, культура безопасности, предупреждение угроз, устойчивое развитие, системный подход, корпоративная культура, корпоративная организация, социальная организация, функционально-ориентированный подход.

**Р**ешение проблемы обеспечения безопасности транспорта, если отталкиваться от известных научных постулатов, представляет собой некую систему (процесс), обеспечивающую переход от существующего её состояния к «желательному состоянию», причём в качестве «желательного состояния» выступает абстрактная модель [1–3].

На решение проблемы обеспечения безопасности транспорта, в том числе в России, влияют прежде всего внутренние ограничения, которые касаются финансовых, трудовых и природных ресурсов, ценностей корпоративной социальной организации, материальной и духовной культуры.

К внешним ограничениям в первую очередь относится императивное ограничение, обязывающее сохранять биосферу Земли. Основные внешние ограничения связаны с системными потребителями (покупателями). Сюда входят работники транспорта, государство, а также организации и частные лица – потребители услуг

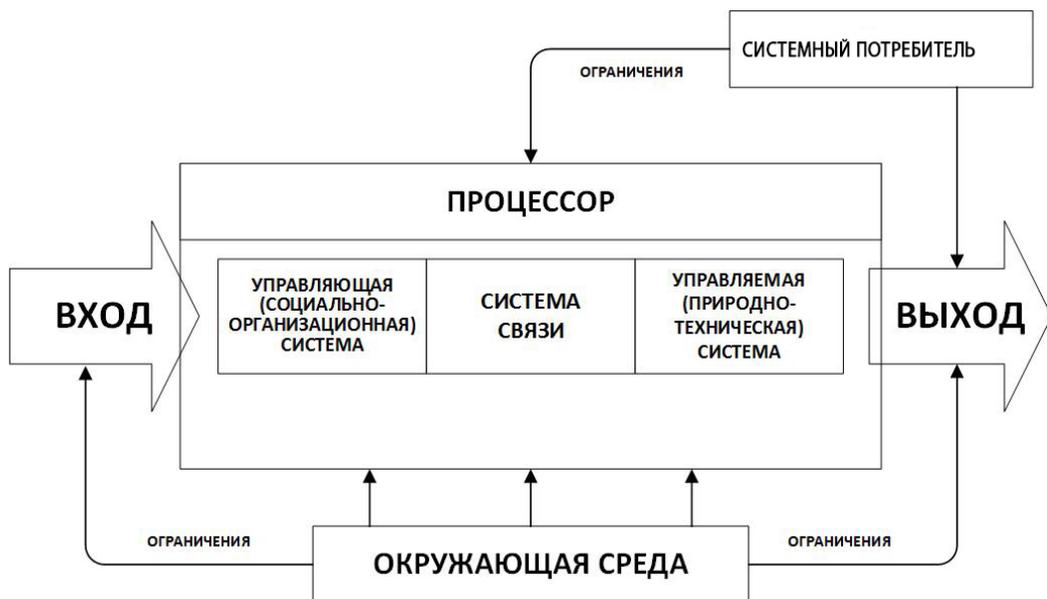


Рис. 1. Функционально-ориентированная декомпозиция системы «Транспорт России».

транспорта, формирующие спрос на виды и объёмы перевозок пассажиров и грузов. Стоящая за этим система отражает реальное состояние социально-экономической активности людей, материальной и духовной культуры общества, законодательно-правовой базы государства, степень интеграции его экономики в мировое бизнес-пространство.

### СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД

Будем рассматривать транспорт на национальном уровне как открытую, сложную и целенаправленную систему, являющуюся средством достижения цели, обладающую свойством самоорганизации и состоящую из достаточно большого числа элементов: частей, типов частей, входов и выходов, выполняемых функций [4, с. 104]. Руководствуясь функционально-ориентированным подходом к декомпозиции системы, выделим все процессы, дающие ей возможность существовать согласно цели.

На макроуровне при описании процессов можно назвать следующие функционально обособленные сущности: вход, процессор, выход и ограничения [5, с. 18; 6, с. 34].

Функцией входа является обеспечение системы ресурсами и «ценностями», поступающими в процессор, которые

необходимы для реализации процесса в системе.

Функция процессора – реализация процесса, переводящего вход в выход сообразно цели существования системы.

Процессор представляет собой центральную, функционально обособленную сущность системы.

Сам процессор можно подразделить на:

- управляющую систему, выполняющую социетальную функцию (социально-организационная сфера деятельности);
- систему связи, выполняющую информационную функцию (сфера обеспечения информацией процессов управления ресурсами, оперативного управления, функционирования природно-технической системы и определения стратегических целей);
- управляемую систему, выполняющую экологическую функцию (сфера обеспечения функционирования природно-технической системы).

Функцией выхода является достижение цели, создание ценностей корпоративной и материальной культуры, выполнение услуги по перевозке пассажиров и грузов, так как выход есть результат процесса.

Функцией ограничения считается воздействие системного потребителя на



## Классификатор угроз транспорту и его подсистемам (объектам)

Условия возникновения и параметры воздействия угроз	
Признак классификации (параметр)	Классификация угроз
Генезис	1. Антропогенные угрозы. 2. Техногенные угрозы. 3. Природные угрозы.
Место возникновения	1. Эндогенные – внутренние угрозы. 2. Экзогенные – внешние угрозы. 3. Трансграничные угрозы.
Механизм воздействия	1. Физико-химические факторы. 4. Биологические факторы. 5. Социальные факторы.
Характер воздействия	1. Разовый. 2. Многоразовый. 3. Постоянный.
Масштаб воздействия	1. Локальный. 2. Региональный. 3. Федеральный.
Условия проявления и степень опасности угроз	
Признак классификации	Классификация угроз
Форма проявления	1. Полные угрозы. 2. Прямые угрозы. 3. Опосредованные угрозы.
Фиксация в функциональной сфере (в сфере деятельности)	1. Стратегическая (выход системы). 2. Экологическая (управляемая система). 3. Информационная (система связи). 4. Социетальная (управляющая система). 5. Ресурсная (вход системы).
Уровень опасности	1. Опасность существованию объекта. 2. Опасность неэффективного функционирования объекта. 3. Опасность необеспечения устойчивого развития объекта.

вход и процессор системы. Окружающая среда оказывает определённое влияние на все подсистемы транспорта.

Выделенные функционально обособленные сущности транспорта физически неразделимы и объединены потоками прямой и обратной связи (трудовых, информационных, финансовых, материально-энергетических и других ресурсов) в единое целое (рис. 1).

Дальнейшую декомпозицию функционально обособленных сущностей системы целесообразно проводить на основе объектно-ориентированного подхода.

Управляющую – «социально-организационную систему» транспорта можно подразделить на объекты (подсистемы):

- корпоративной организации как множества социально-профессиональных общностей людей, подсистем экономи-

ческих, административных и социальных отношений между ними;

- корпоративной культуры как системы, включающей в себя подсистемы отраслевой науки, профессионального образования, корпоративной морали и этики.

Управляемую – «природно-техническую систему» транспорта, в свою очередь, правомерно подразделить на объекты (подсистемы):

- материальной культуры как технической и социально-бытовой инфраструктуры, сферы технологий и технических средств;

- природной среды, состоящей из природно-антропогенных и природных экосистем.

Все выделенные макроскопические подсистемы транспорта не имеют чётких границ. Но имеют область взаимного пересечения, в которой может быть выделен человек, представляющий единое социально-духовное и биофизическое

существо, образующее более низкий уровень иерархии по отношению к рассматриваемым подсистемам.

## КЛАССИФИКАЦИЯ УГРОЗ

В России общая цель стратегии развития транспорта состоит в придании процессам роста устойчивости, стабильности в минимизации затрат ресурсов, получении максимально возможного количества произведённых ценностей и услуг по перевозке пассажиров и грузов. Причём устойчивое развитие должно реализовываться таким образом, чтобы экономическая эффективность, социальная справедливость и безопасность были объединены в триединый процесс на паритетных началах и обеспечивали удовлетворение потребностей в перевозках как нынешнего, так и будущих поколений страны при сохранении окружающей среды [7, с. 31].

Определённое сочетание внутренних и внешних неблагоприятных ограничений — факторов (угроз) может привести не только к возникновению опасности недостижения стратегической цели, но и породить процессы стагнации, деградации, даже распада системы. По С. И. Ожегову [8, с. 1118] опасность (угроза) — это способность причинять какой-нибудь вред, угроза жизни и здоровью человека, иным его ценностям.

Дадим своё определение угрозе и построим классификацию угроз (таблица 1) применительно к открытой сложной целенаправленной системе (объекту).

Угроза объекту — явление или процесс, характеризующийся определёнными условиями возникновения и параметрами воздействия, способный по условиям проявления и степени опасности нанести вред объекту.

Общепринятый подход к определению безопасности обычно исходит из концепции [9, с. 2], базирующейся на утверждении: «Безопасность — состояние защищённости жизненно важных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз».

При таком подходе к определению безопасности транспорта при реализации стратегии устойчивого развития получается, что имеют место два самостоятельных, отделённых друг от друга вида дея-

тельности — основная (обеспечение функционирования и развития транспорта) и дополнительная (обеспечение безопасности транспорта). Между тем безопасность транспорта должна обеспечиваться не только с помощью защиты, но и с учётом тенденции инновационного развития, которое должно представлять собой самоподдерживающийся процесс, уменьшающий существующие угрозы и не порождающий новые [10, с. 26]. В этом случае устойчивое развитие транспорта органически соединит в себе задачи обеспечения безопасности, а наличие безопасности транспорта будет способствовать его устойчивому развитию.

В этом контексте *обеспечение безопасности объекта* — технологический процесс (система мер) с целью ограничения или устранения существующих и предотвращения потенциальных угроз, являющийся органической частью общего процесса функционирования и развития объекта, реализуемого в соответствии с принятой отраслевой стратегией.

*Функциональная безопасность объекта* — технологический процесс (система мер), направленный на ограничение или устранение существующих и предотвращение потенциальных угроз, порождающих возможность неисполнения или неэффективного исполнения заданной функции.

При таком определении система безопасности должна пронизывать все сферы деятельности транспорта (функционально обособленные сущности) и все объектно-выраженные элементы (объекты). Проведённая декомпозиция системы «Транспорт России» и демонстрируемый подход к трактовке безопасности показывают, что система безопасности транспорта в целом имеет иерархическую структуру. Высший уровень иерархии представлен функциональной (ресурсной, социетальной, информационной, экологической и стратегической) безопасностью транспорта, а низший уровень — функциональной (ресурсной, социально-духовной, информационной, биофизической и стратегической) безопасностью человека. На промежуточных уровнях иерархии, согласно принципу самоподобия для сложных систем [11,



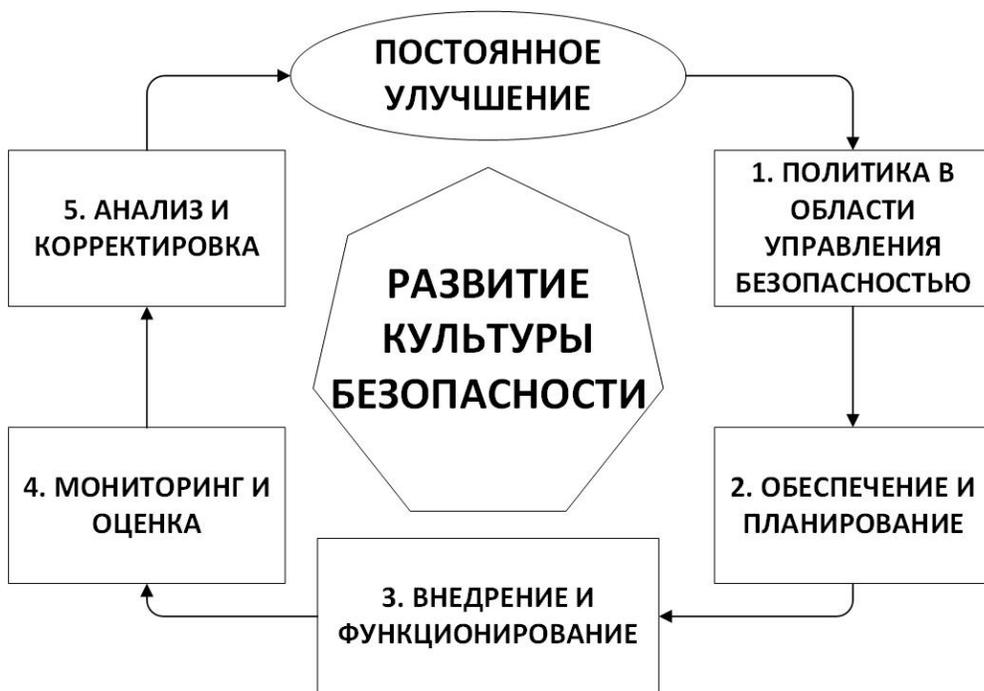


Рис. 2. Система управления культурой безопасности.

с. 12], также должна доминировать функциональная (ресурсная, социетальная, информационная, экологическая, стратегическая) безопасность объекта.

Тогда обеспечение безопасности можно рассматривать как деятельность субъектов управления по ограничению или устранению существующих и предотвращению потенциальных угроз объекту, считать выполнение столь ответственной миссии органической частью общего процесса управления функционированием и развитием транспортной системы. При этом каждый иерархический уровень системы предполагает организацию в соответствии с методами и подходами Деминга [12], когда в качестве субъектов управления выступают руководители различного уровня и работники транспорта, непосредственно участвующие в функционировании объекта.

Целенаправленное, осторожное и соразмерное возникающей проблеме безопасности *воздействие человека на объект управления напрямую зависит от социальной установки (аттитюда – отношения), предрасположенности субъекта воспринимать существующую угрозу определённым образом и действовать самым безопасным способом в отношении объекта. Такой под-*

*ход к обеспечению безопасности идентифицируется современной наукой с понятием «культура безопасности» [13–18].*

### КОМПОНЕНТЫ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

*Культура безопасности как социальная установка (аттитюд) должного упреждающего отношения к обеспечению безопасности представляет собой единство трёх традиционных компонентов: эмоционального, когнитивного и конативно-го (поведенческого) [18, с. 202].*

Субъектами культуры безопасности являются все участники перевозочного процесса, работники транспорта и конечные пользователи его услуг, в том числе и пассажиры.

Формирование и развитие культуры безопасности должны обеспечиваться системой управления, организованной в соответствии с циклом Деминга (рис. 2), а также реализацией принципа приоритетности безопасности на всех уровнях управления, приверженностью ценностям культуры безопасности.

*Эмоциональный компонент культуры безопасности отражает критическое, настороженное отношение её субъекта к выполнению профессиональных и дру-*



Таблица 2

## Транспорт и культура безопасности

Безопасность транспорта				Экологическая безопасность транспорта (управляемая система)		Стратегическая безопасность транспорта (выход системы)	
Ресурсная безопасность транспорта (выход системы)	Социальная безопасность транспорта (управляющая система)		Информационная безопасность транспорта (система связи)	Безопасность материальной культуры		Соответствие выхода системы цели устойчивого развития	
	Безопасность корпоративной организации	Безопасность корпоративной культуры		Безопасность технической инфраструктуры	Безопасность социально-бытовой инфраструктуры	Безопасность природной среды	Безопасность природно-антропогенных экосистем
Обеспеченность всеми видами ресурсов, в том числе личными, необходимыми для достижения цели устойчивого развития	Безопасность экономических отношений	Безопасность социально-административных отношений	Безопасность информационной поддержки при оперативном управлении транспортом	Безопасность технической инфраструктуры	Безопасность природно-антропогенных экосистем	Безопасность компонентов экосистем	Соответствие выхода системы цели устойчивого развития
	Безопасность профессиональных общностей	Безопасность социально-духовной безопасности человека					
Ресурсная безопасность человека	Социально-духовная безопасность человека		Безопасность передачи, хранения и переработки информации	Безопасность движения транспортных средств		Стратегическая безопасность человека	
Безопасность человека				Безопасность движения транспортных средств		Стратегическая безопасность человека	
Эмоциональный компонент культуры безопасности			Когнитивный компонент культуры безопасности		Поведенческий компонент культуры безопасности		
Культура безопасности (человек – субъект культуры безопасности)							



гих задач, чувство «здорового страха», инстинктивное ощущение потенциальной опасности.

Этот компонент целенаправленно формируется и поддерживается за счёт совокупности внешних средств и способов (технических, организационных, эргономических, педагогических, психологических), широкого использования принципа предосторожности, опережающего принятия эффективных мер в вопросах безопасности, предупреждения чрезвычайных ситуаций, особенно экологических катастроф.

*Когнитивный компонент культуры безопасности — это осознанное психологическое отношение субъекта к обеспечению безопасности, своей личной ответственности за неё.*

Такое отношение — результат экологизации сознания и мировоззрения работников транспорта и пассажиров, целевой ориентации системы профессионального образования, корпоративной морали, культуры, отраслевой науки и техники.

*Поведенческий (конативный) компонент культуры безопасности предполагает последовательное поведение субъекта по отношению к объекту безопасности в соответствии с заданным прототипом, образцом.*

Подобного рода компонент целенаправленно формируется и существует за счёт создания соответствующей задаче нормативной базы и экологически точно ориентированных принципов управления в области охраны природы и рационального природопользования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

## ВЫВОДЫ

Демонстрируемый подход позволяет увидеть иерархическую системную взаимосвязь различных компонентов, обеспечивающих безопасность транспорта в целом, с общим его развитием, которое должно представлять собой самоподдерживающийся процесс, уменьшающий существующие угрозы и не порождающий новые (таблица 2).

Выявлена решающая роль культуры безопасности в обеспечении безопасности

транспорта при реализации стратегии устойчивого развития.

Культура безопасности приобретает всё большее значение в связи с реализацией стратегических целей транспорта, связанных с ростом грузоперевозок в стране, а также с повышением транспортной доступности дальних территорий для населения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Optner S. L. Systems analysis for business and industrial problem solving. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 1965, 116 p.
2. Акофф Р. Планирование в больших экономических системах. — М.: Советское радио, 1972. — 223 с.
3. Акофф Р. Искусство решения проблем. — М.: Мир, 1982. — 224 с.
4. Гуд Г. Х., Макол Р. Э. Системотехника. Введение в проектирование больших систем. — М.: Советское радио, 1962. — 383 с.
5. Попов В. Г. Безопасность и устойчивое развитие // Мир транспорта. — 2004. — № 3. — С. 18–28.
6. Попов В. Г. О выборе подхода к повышению эффективности энергосбережения в системах технического содержания и ремонта подвижного состава // Вестник ВНИИЖТ. — 1998. — № 1. — С. 34–39.
7. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением правительства РФ от 22.11.2008. № 1734-р.
8. Ожегов С. И., Шведова С. Ю. Словарь русского языка. — М.: Издательство «Азъ», 1992. — 2296 с.
9. Федеральный закон «О безопасности» № 390-ФЗ от 28.02.10 г.
10. Урсул А. Д., Романович А. Л. Перспективы безопасного будущего цивилизации // Вестник РАЕН. — 2002. — № 4. — С. 27–33.
11. Николис Г., Пригожин И. Познание сложного. — М.: Мир, 1990. — 342 с.
12. Нив Г. Р. Пространство доктора Деминга. — Кн. 1. — М.: МГИЭТ (ТУ), 1996. — 344 с.
13. IAEA. Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. Safety Series, № 75-INSAG-1. IAEA, 1986.
14. МАГАТЭ. Культура безопасности. Серия изданий по безопасности. № 75-INSAG-4. МАГАТЭ, 1991.
15. Машин В. А. Современные основы концепции культуры безопасности // Электрические станции. — 2014. — № 10. — С. 2–10.
16. Обознов А. А., Бессонова Ю. В., Петрович Д. Л., Енина Е. С., Сериков В. В. Культура безопасности на железнодорожном транспорте // Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики. — 2014. — Вып. 4. — С. 45–52.
17. ICAO. Safety Management Manual (SMM). Doc-9859, AN/474. 2009.
18. Обознов А. А., Бессонова Ю. В., Петрович Д. Л. Культура безопасности пассажиров общественного транспорта // Организационная психология и психология труда. — 2016. — № 1. — С. 200–226. ●

Координаты авторов: **Попов В. Г.** – vpopov\_miit@mail.ru, **Сухов Ф. И.** – Philipp.sukhov@mail.ru, **Боландова Ю. К.** – jbolandova@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 05.12.2018, принята к публикации 18.02.2019.

## TRANSPORT SAFETY CULTURE

*Popov, Vladimir G., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Sukhov, Philip I., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Bolandova, Yulia K., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

Interrelationships within control and management mechanisms, including transport safety management, of the transport system are evaluated based on the function-oriented approach to its decomposition.

Hierarchical system's levels, strategic development objectives, societal, information, and environmental aspects are analyzed within safety context. Classification of threats to transport system and its subsystems (objects) is suggested.

*Keywords:* transport, safety, safety culture, threat prevention, sustainable development, system perspective, corporate culture, corporate organization, social organization, function-oriented approach.

**Background.** *The solution to the problem of ensuring transport safety, based on well-known scientific postulates, is a kind of a system (process) that provides a transition from its existing state to the «desired state», with an abstract model being the «desired state» [1–3].*

*The solution to the problem of ensuring transport safety, globally, as well as in Russia, is primarily affected by internal constraints that relate to financial, labour and natural resources, the values of corporate social organization, material and spiritual culture.*

*External constraints include first the imperative constraint that binds the humankind to preserve the Earth's biosphere. The main external constraints are associated with systemic customers (purchasers) comprising transport employees, the state, as well as organizations and individuals – consumers of transport services, which form the demand for the types and volumes of passenger and cargo transportation. The system that englobes those actors reflects the real conditions of the social and economic activity of people, the material and spiritual culture of society, the legislative and legal basis of the state, the degree of integration of its economy into the global business environment.*

**Objective.** *The objective of the authors is to classify threats to transport safety and to consider different aspects and components of proactive safety culture in transport industry.*

**Methods.** *The authors use general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, systems theory analysis, instruments of transport management.*

### Results.

#### System approach

*We will consider a country's transport as an open, complex and purposeful system, which is a tool of achieving the objective, having the property of self-organization and consisting of a sufficiently large number of elements: set of elements, parts, inputs and outputs, functions performed [4, p. 104]. Guided by a function-oriented approach to decomposition of the system, we will select all the processes that enable it to exist according to the goal.*

*At the macro level, when describing processes, we can name the following functionally separate entities: input, transformation process, output, and constraints [5, p. 18; 6, p. 34].*

The authors place special emphasis on safety culture as on a social motivation pattern, designed to develop a proactive attitude to emerging threats and risks during transportation of passengers and cargo. They differentiate emotional, cognitive, and behavioural (conative) components of safety culture and suggest their brief description regarding transportation sector.

The suggested framework of proactive culture makes it possible to model hierarchical systemic interconnection of its various components, providing for transport safety coupled with overall development of transport and transportation.

*The function of the input is to provide the system with the resources and «values» that enter the transformer, and which are necessary to implement the process in the system.*

*The processing or transformation function is implementation of the process that transforms the input to the output according to the purpose of the existence of the system.*

*The processing is the central functionally separate essence of the system.*

*The transformation process itself can be divided into:*

- controlling system that performs a societal function (social and organizational activity);*
- communication system that performs the information function (the sphere of providing information to the processes of resource management, operational management, functioning of the natural-technical system and defining strategic goals);*
- controlled system that performs the environmental function (the sphere of ensuring functioning of the natural-technical system).*

*The function of the output is achievement of a goal (objective, purpose), creation of corporate and material culture values, providing of passenger and cargo transportation service, since output is the result of the process.*

*The function of the constraint is the influence of the systemic customer on the input and the transformation process of the system. The environment has a certain impact on all transport subsystems.*

*Identified, functionally separated essences of transport are physically inseparable and are unified by direct and feedback flows (of labour, information, financial, material, power, and other resources) into a single whole (Pic. 1).*

*Further decomposition of functionally separated essences of the system should be carried out on the basis of an object-oriented approach.*

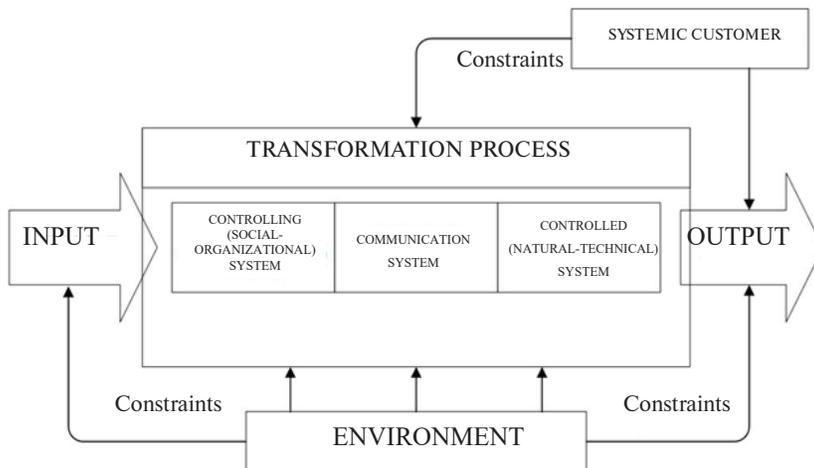
*Controlling («social and organizational») system of the transport can be divided into objects (subsystems) of:*

- corporate organization as a set of socio-professional communities of people, subsystems of economic, administrative and social relations between them;*



**Classifier of threats to transport and its subsystems (objects)**

Conditions of occurrence and parameters of the impact of threats	
Classification attribute (parameter)	Threat classification
Genesis	1. Anthropogenic threats. 2. Technogenic threats. 3. Natural threats.
Place of origin	1. Endogenous – internal threats. 2. Exogenous – external threats. 3. Transboundary threats.
Mechanism of action	1. Physical and chemical factors. 4. Biological factors. 5. Social factors.
Nature of impact	1. Single. 2. Repeated. 3. Permanent.
Impact scale	1. Local. 2. Regional. 3. Federal.
Conditions of manifestation and degree of danger of threats	
Classification attribute	Threat classification
Form of manifestation	1. Full threats. 2. Direct threats. 3. Mediated threats.
Fixation in the functional area (in the field of activity)	1. Strategic (system output). 2. Ecological (controlled system). 3. Information (communication system). 4. Societal (controlling system). 5. Resource (system input).
Danger level	1. The danger to the existence of the object. 2. The danger of inefficient functioning of the object. 3. The danger of failure to ensure sustainable development of the object.



**Fig. 1. Functional-oriented decomposition of the system «Transport of Russia».**

• corporate culture as a system that includes subsystems of industry's science, vocational education, corporate morality and ethics.

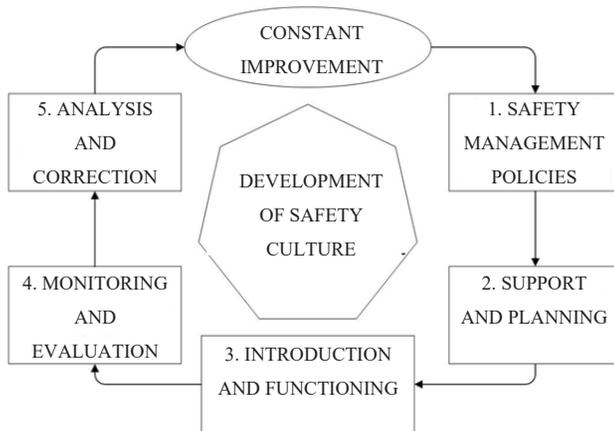
Controlled («natural-technical») system of transport, in turn, can be legitimately divided into objects (subsystems):

- material culture as a technical and social infrastructure, technology and hardware;
- natural environment consisting of natural-anthropogenic and natural ecosystems.

All distinguished macroscopic transport subsystems have no clear boundaries. But they have an area of mutual intersection, in which a person can be distinguished, representing a single social-spiritual and biophysical being, forming a lower level of hierarchy with respect to the subsystems under consideration.

**Classification of threats**

The overall goal of the transport development strategy of Russia is to make the processes of growth



**Pic. 2. Safety culture management system.**

more stable, to minimize the cost of resources, to obtain the maximum possible number of valuables and services for transportation of passengers and goods. Moreover, sustainable development should be implemented in such a way that economic efficiency, social justice and safety are combined into a triune process on a parity basis, so that to ensure that transportation needs of both current and future generations of the country are satisfied while preserving the environment [7, p. 31].

A certain combination of internal and external adverse constraints, which are factors (threats) – can result in a danger of not only failing to achieve the strategic goal, but also of giving rise to processes of stagnation, degradation, even disintegration of the system. According to S. I. Ozhegov [8, p. 1118] danger (threat) is the ability to do any harm, a threat to life and health of a person, other than his values.

Let us give our definition of a threat and construct a classification of threats (see Table 1) in relation to an open complex purposeful system (object).

Threat to an object is a phenomenon or process characterized by certain conditions of occurrence and impact parameters, which is capable, because of conditions of its manifestation and the degree of danger, to cause damage to the object.

The generally accepted approach to definition of the safety usually proceeds from the concept [9, p. 2], based on the statement: «Safety is the state of protection of the vital interests of an individual, society and the state from internal and external threats».

If we use this approach to the definition of transport safety for implementation of a sustainable development strategy, it turns out that there are two independent activities separated from each other – main (ensuring functioning and development of transport) and auxiliary (ensuring transport safety) activity. Meanwhile, transport safety should be ensured not only with the help of protection, but taking into account the trend of innovative development, should also be a self-sustaining process, reducing existing threats and not generating new ones [10, p. 26]. In this case, sustainable development of transport will organically combine the tasks of ensuring safety, and transport safety will contribute to the sustainable development of transport.

In this context, ensuring safety of an object is a technological process (a system of measures) with the purpose of limiting either eliminating existing and of preventing potential threats, which is an organic part of the overall process of functioning and

development of an object, implemented in accordance with the adopted industry strategy.

Functional safety of an object is a technological process (a system of measures) with the purpose of limiting either eliminating the existing and of preventing potential threats causing probability of non-performance or inefficient execution of a given function.

This definition made, the safety system should permeate all areas of transport (functionally separate essences) and all object-expressed elements (objects). The decomposition of the system «Transport of Russia» and the demonstrated approach to interpretation of safety show that the safety system of transport as a whole has a hierarchical structure. The highest level of hierarchy is represented by functional (resource, societal, informational, ecological, and strategic) transport safety, and the lower level is represented by functional (resource, social – spiritual, informational, biophysical, and strategic) human safety. At intermediate levels of hierarchy, according to the principle of self-similarity for complex systems [11, p. 12], the functional (resource, societal, information, ecological, strategic) safety of an object should also dominate.

Then safety can be viewed as activities of the managerial actors with the purpose of limiting either eliminating existing and of preventing potential threats to an object, and it will be possible to consider fulfillment of such a responsible mission as an organic part of the overall process of managing operation and development of the transport system. At the same time, each hierarchical level of the system supposes organization in accordance with the methods and approaches of Deming [12], when managers of various levels and transport employees, directly involved in the operation of the facility, act as managerial actors.

Purposeful, cautious and proportionate to the emerging safety problem influence of a person on a control object directly depends on the social attitude, on personal predisposition to perceive the existing threat in a certain way and to act in the safest way regarding the object. Such an approach to safety is identified by modern science by the concept of a «safety culture» [13–18].

#### **Components of safety culture**

Safety culture as a social attitude consisting in a proper proactive attitude to safety is the unity of three traditional components: emotional, cognitive and conative (behavioural) [18, p. 202].





**Table 2**

**Transport and safety culture**

Transport safety				Environmental transport safety (controlled system)		Strategic transport safety (system output)
Resource transport safety (system input)	Societal transport safety (controlling system)			Information transport safety (communication system)	Strategic transport safety (system output)	
Provision of all kinds of resources necessary to achieve the goal of sustainable development	Safety of corporate organization		Safety of corporate culture		Safety of natural environment	
	Safety of economic relations	Safety of social and administrative relations	Safety of sectoral science	Safety of corporate morals and ethics	Safety of technical infrastructure	Safety of natural anthropogenic ecosystems
	Safety of social and professional communities		Safety of industry vocational education	Safety of transfer, storage and processing of information	Safety of components of ecosystems	Compliance of system output with the goal of sustainable development
Resource human safety	Social and spiritual human safety			Information human safety	Strategic human safety	
Human safety						
Emotional component of safety culture				Behavioural component of safety culture		
Safety culture (person as an agent of safety culture)						

All the participants in the transportation process, transport employees and end-users of transport services, including passengers, are agents of safety culture.

The formation and development of the safety culture should be ensured by a management system organized in accordance with Deming cycle (Pic. 2), as well as by implementation of the principle of priority of safety at all management levels, by adherence to the values of safety culture.

The emotional component of safety culture reflects the critical, wary attitude of its agent to fulfillment of professional and other tasks, the feeling of «healthy fear», an instinctive sense of potential danger.

This component is purposefully shaped and maintained through a combination of external means and methods (technical, organizational, ergonomic, pedagogical, psychological), the widespread implementation of the precautionary principle, as well as by timely advanced effective safety measures, emergency prevention, particularly through prevention of environmental disasters.

The cognitive component of safety culture is the conscious psychological attitude of the person to ensuring safety, his personal responsibility for it.

This attitude is the result of greening of the consciousness and worldview of transport employees and passengers, of targeted orientation of the system of vocational education, corporate morality, culture, industry science and technology.

The behavioral (conative) component of safety culture supposes the consistent behaviour of a person in relation to the safety object in accordance with a given prototype, sample.

Such a component is purposefully formed and exists through development of an appropriate regulatory framework and environmentally oriented management principles in the field of nature conservation, environmental management, and prevention and elimination of emergency situations.

**Conclusion.** The approach demonstrated in the framework of proactive culture makes it possible to see the hierarchical systemic interconnection of its various components, ensuring transport safety coupled with overall development of transport, which should be a self-sustaining process, reducing existing threats and not generating new ones (see Table 2).

The safety culture is important for implementing safety issues while developing sustainable transport development strategy. Also, the safety culture is becoming increasingly important from the point of view of its influence on implementation of strategic goals of transport associated with the growth of freight traffic in the country, with increase in transport accessibility of remote areas.

## REFERENCES

1. Optner, S. L. Systems analysis for business and industrial problem solving. Prentice-Hall, Inc., New Jersey. 1965, 116 p.

2. Ackoff, R. [Russian title] Planning in large economic systems [*Planirovanie v bolshikh ekonomicheskikh sistemakh*]. Moscow, Sovetskoe radio publ., 1972, 223 p.

3. Ackoff, R. The Art of Problem Solving [*Iskusstvo resheniya problem*]. Moscow, Mir publ., 1982, 224 p.

4. Good, H. H., Machol, R. E. System Engineering. An introduction to the design of large-scale systems [*Sistemotekhnika. Vvedenie v proektirovanie bolshikh sistem*]. Moscow, Sovetskoe Radio publ., 1962, 383 p.

5. Popov, V. G. Safety, Security and Stable development. *World of Transport and Transportation*, Vol. 2, 2004, Iss. 3, pp. 18–28.

6. Popov, V. G. On the choice of approach to improving the efficiency of energy saving in the systems of technical maintenance and repair of rolling stock [*O vybore podkhoda k povysheniyu effektivnosti energosberezheniya v sistemakh tekhnicheskogo soderzhaniya i remonta podvizhnogo sostava*]. *Vestnik VNIIZhT*, 1998, Iss. 1, pp. 34–39.

7. Transport strategy of the Russian Federation for the period up to 2030. Approved by the order of the Government of the Russian Federation dated 22.11.2008 No. 1734-r [*Transportnaya strategiya Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda. Uverzhdena rasporyazheniem pravitelstva RF ot 22.11.2008 No. 1734-r*].

8. Ozhegov, S. I. Dictionary of the Russian language [*Slovar' russkogo yazyka*]. Moscow, Russkiy yazyk, 1992, 2296 p.

9. Federal Law «On Safety» dated 05.03.1992 No. 2446-I [*Federal'niy zakon «O bezopasnosti» ot 05.03.1992 No. 2446-I*].

10. Ursul, A. D., Romanovich, A. L. Prospects for a safe future of civilization [*Perspektivy bezopasnogo budushchego tsivilizatsii*]. *Vestnik RAEN*, 2002, Iss. 4, pp. 27–33.

11. Nicolis, G., Prigogine, I. Exploring Complexity [*Poznanie slozhnogo*]. Moscow, Mir publ., 1990, 342 p.

12. Niv, G. R. The Space of Dr. Deming [*Prostranstvo doktora Deminga*]. Book 1. Moscow, MGIET (TU), 1996, 344 p.

13. IAEA. Summary Report on the Post-Accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. Safety Series, No. 75-INSAG-1. IAEA, 1986.

14. IAEA. Safety culture. Safety Series, No. 75-INSAG-4. IAEA, 1991.

15. Mashin, V. A. Modern bases of the concept of safety culture [*Sovremennye osnovy kontseptsii kultury bezopasnosti*]. *Elektricheskie stantsii*, 2014, Iss. 10, pp. 2–10.

16. Oboznov, A. A., Bessonova, Yu. V., Petrovich, D. L., Enina, E. S., Serikov, V. V. Safety Culture in Railway Transport [*Kultura bezopasnosti na zheleznodorozhnom transporte*]. *The Human Factor: Problems of Psychology and Ergonomics*, 2014, Iss. 4, pp. 45–52.

17. ICAO. Safety Management Manual (SMM). Doc-9859, AN/474. 2009.

18. Oboznov, A. A., Bessonova, Yu. V., Petrovich, D. L. Safety Culture of Passengers in Public Transport [*Kultura bezopasnosti passazhirov obshchestvennogo transporta*]. *Organizatsionnaya psikhologiya i psikhologiya truda*, 2016, Iss. 1, pp. 200–226. ●

Information about the authors:

**Popov, Vladimir G.** – D.Sc. (Eng), professor, head of the department of Chemistry and engineering ecology of Russian University of Transport, Moscow, Russia, vpopov\_mii@mail.ru.

**Sukhov, Philip I.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, Philipp.sukhov@mail.ru

**Bolandova, Yulia K.** – assistant lecturer of Russian University of Transport, Moscow, Russia, jbolandova@gmail.com.

Article received 05.12.2018, accepted 18.02.2019.





# Защита транспортных узлов и обеспечение стойкости трубопроводных систем



Игорь ТАРАРЫЧКИН

Igor A. TARARYCHKIN

## Protection of Transport Nodes and Resistibility of Pipeline Systems

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 225)

**Выполнен анализ и установлены закономерности возникновения аварийных угроз на объектах трубопроводного транспорта, связанных с последовательным повреждением структурных элементов. При развитии нештатной ситуации блокировка отдельного узла системы ассоциируется с одновременным переходом в состояние неработоспособности всех сходящихся в его зону трубопроводов. Такое повреждение точечного элемента сетевой структуры приводит к тому, что прохождение через него транспортных потоков становится невозможным. Способность системы противостоять прогрессирующей блокировке зависит от её состава, структуры и характеризуется показателем стойкости, величина которого вычисляется с помощью метода имитационного моделирования. Рассмотрен пример использования кластерных схем при решении задачи структурного синтеза и выбора наилучшего варианта защиты трубопроводной транспортной системы.**

*Ключевые слова:* система, трубопровод, структура, транспортные узлы, кластеры, защита, повреждение, стойкость, показатель стойкости.

*Тарарычкин Игорь Александрович – доктор технических наук, профессор, Луганск, Украина.*

**Т**рубопроводные транспортные системы широко используются в различных отраслях промышленного производства. Их функционирование обеспечивает доставку потребителям целевого продукта в заданных объёмах и состояниях. Особое значение гарантированная доставка продукта имеет для непрерывных технологических процессов и при обслуживании объектов, отключение которых от источника продукта не допускается [1, с. 14; 2, с. 4].

В то же время функционирование транспортной системы может быть связано и с возникновением нештатных ситуаций. Наблюдаемый при этом переход отдельных элементов системы в состояние неработоспособности может существенно ограничивать ее эксплуатационные возможности или сопровождаться отключением отдельных потребителей. Причины повреждения структурных элементов обычно объясняются развитием коррозии, гидравлическими ударами, появлением неких резонансных явлений, сейсмической активностью, образованием оползней и т.п. [3–8].

Блокировка отдельного узла означает невозможность прохождения через него транспортного потока и рассматривается



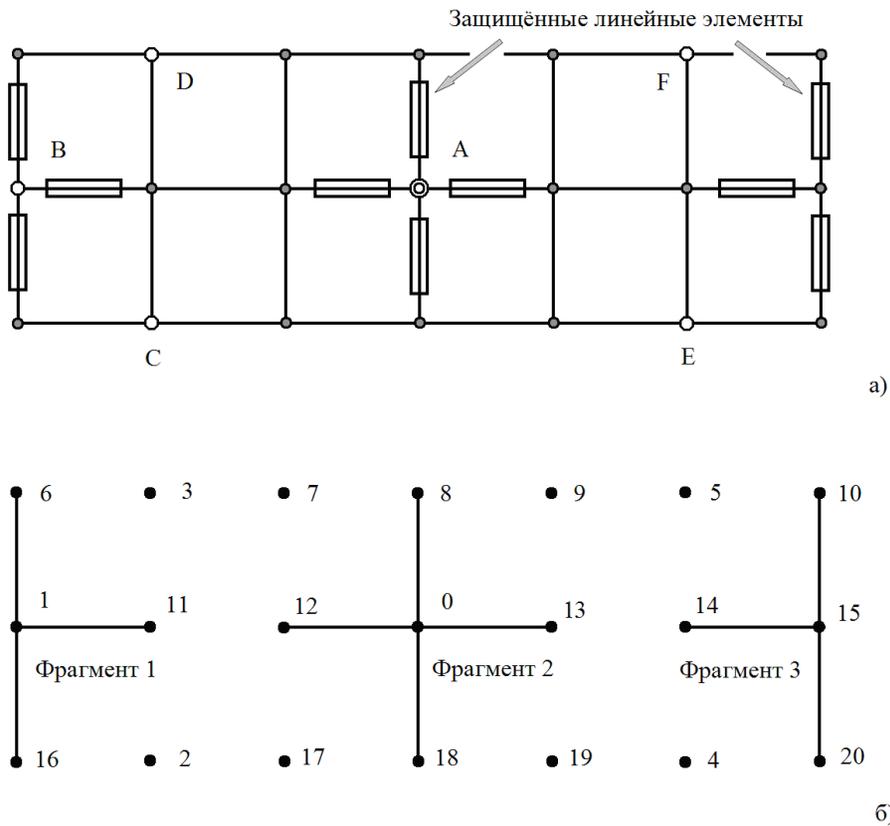


Рис. 1. Структурная схема системы с изолированными защищёнными узлами (а) и размеченный граф этой системы после завершения процедуры прогрессирующей блокировки узлов (б).

как результат одновременного перехода в неработоспособное состояние всех сходящихся здесь трубопроводов.

Из-за наличия в системе избыточных связей и альтернативных путей доставки продукта блокировка отдельного узла, как правило, не приводит к отключению от источника всех потребителей. Реальную опасность представляет процесс прогрессирующей блокировки, когда транспортные узлы переходят в состояние блокировки последовательно и в случайном порядке. Такой характер повреждения сетевой структуры сопровождается быстрой деградацией свойств системы. Конечным результатом развития процесса становится отключение от источника всех потребителей целевого продукта.

Повысить стойкость системы к развитию прогрессирующих повреждений можно, обеспечив защиту отдельных транспортных узлов и чётко сознавая критерии оценки происходящих событий.

## ОСОБЕННОСТИ КЛАСТЕРНОЙ СХЕМЫ

Защищённый транспортный узел системы рассматривается в дальнейшем как структурный элемент, не повреждаемый при любом варианте процесса прогрессирующей блокировки. Справедливым при этом является и иной, альтернативный взгляд на защиту отдельно взятого точечного элемента. Так, вполне корректно представить блокировку защищённого узла как событие, характеризующееся одновременной потерей и последующим мгновенным восстановлением работоспособности всех сходящихся в него трубопроводов, которые в этих условиях оказываются в роли защищённых линейных элементов.

Поскольку переход защищённых трубопроводов в состояние неработоспособности невозможен, то блокировка защищённого узла не приводит к изменениям в режиме функционирования всей транспортной системы.



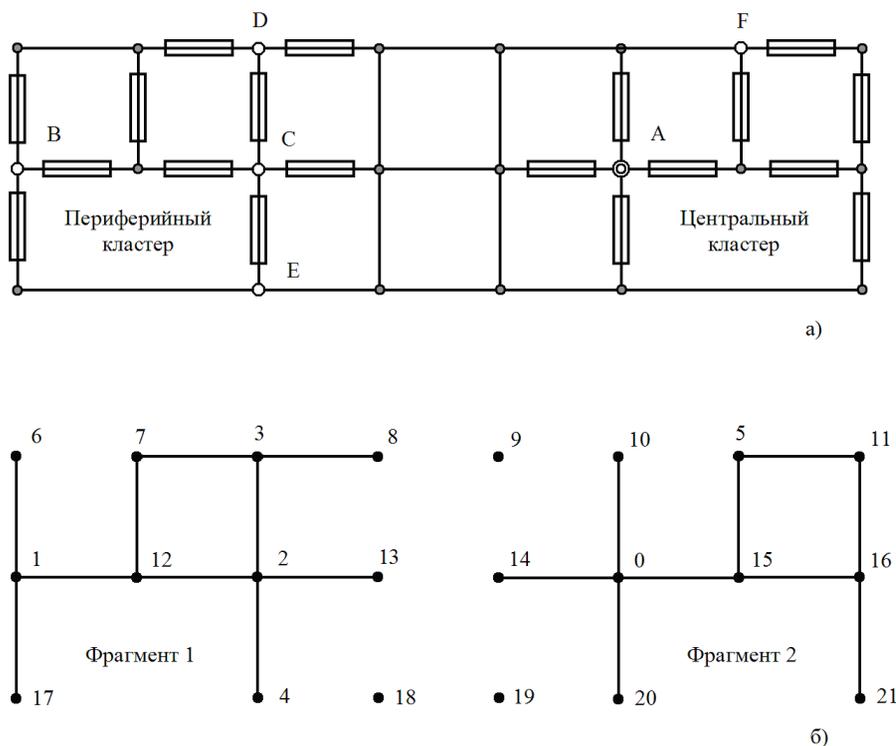


Рис. 2. Структурная схема системы с двумя защитными кластерами (а) и размеченный граф этой системы после завершения процедуры прогрессирующей блокировки узлов (б).

Рассмотрим структурные особенности транспортной системы с тремя защищёнными от блокировки узлами (рис. 1а).

Эти узлы (источник А, потребитель В и распределительный узел) выполняют различные функции и являются изолированными, поскольку они не связаны между собой защищёнными транспортными путями. Кроме того, в каждый из них сходятся только защищённые линейные элементы. Развитие процесса прогрессирующей блокировки приведёт к тому, что система, содержащая изолированные узлы, распадётся на оторванные друг от друга фрагменты (рис. 1б).

Если же защита расположенных поблизости узлов приводит к образованию совокупности взаимосвязанных защищённых линейных элементов, то в системе образуется защищённый фрагмент, способный существенным образом повлиять на её готовность противостоять развитию прогрессирующих повреждений.

Так, на рис. 2а показана структурная схема системы, состоящей из двух защищённых частей, каждая из которых содержит по четыре защищённых узла.

После полного завершения процесса прогрессирующего повреждения произойдёт образование двух не связанных между собой фрагментов, состоящих из неповреждённых линейных элементов системы (рис. 2б).

В теории перколяции подмножество связанных между собой узлов сложной сети принято называть кластером [9, с. 48]. В данном случае совокупность взаимосвязанных защищённых транспортных узлов следует рассматривать как некоторый защитный кластер, наличие которого оказывает влияние на стойкость к повреждениям всего сетевого объекта. Если в составе защитного кластера имеется узел-источник, то такой кластер называется центральным, в противном случае он рассматривается как периферийный. Очевидно, что в составе транспортной системы может быть только один центральный кластер.

Кроме того, узлы-потребители в составе центрального кластера защищены и не могут быть отключены от источника продукта из-за прогрессирующей блокировки. В ту же совокупность входят и пограничные узлы, принадлежащие одновременно кластеру и незащищённой части системы.

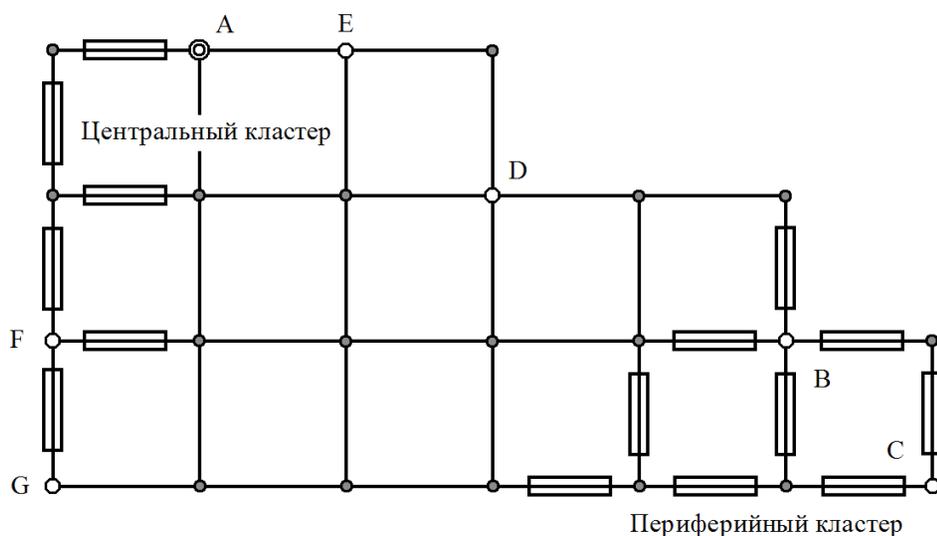


Рис. 3. Структурная схема трубопроводной системы с восемью защищёнными узлами в составе двух кластеров.

Таблица 1

Количественный состав структурных элементов трубопроводной системы

Наименование элемента системы	Количество в составе системы	Примечание
Транспортный узел	24	Включая источник продукта
Повреждаемый узел	16	Включая пограничные узлы
Потребитель продукта	6	
Отключаемый потребитель	4	В, С, D, E
Центральный кластер	1	
Периферийный кластер	1	
Узел-потребитель в составе центрального кластера	2	F, G
Узел-потребитель в составе периферийного кластера	2	В, С
Защищённый потребитель	2	F, G
Пограничный узел в составе центрального кластера	4	Включая источник продукта А
Пограничный узел в составе периферического кластера	3	

С учётом названной особенности блокировка пограничного узла сопровождается переходом в состояние неработоспособности лишь некоторой части трубопроводов, сходящихся в этот узел.

В общем случае защита точечных элементов сетевой структуры транспортных систем связана с возможным образованием некоторого количества:

- защищённых потребителей, которые не могут быть отключены от источника продукта в условиях прогрессирующей блокировки;
- повреждаемых узлов, которые способны изменять своё состояние при их блокировке;

• защитных кластеров, в составе которых могут присутствовать как источник, так и потребители целевого продукта.

Рассмотрим, к примеру, структурную схему трубопроводной системы, показанную на рис. 3. Данные по количественному составу отдельных структурных элементов системы приведены в таблице 1.

Проведённый анализ показал, что при развитии процесса прогрессирующей блокировки узлов порядок отключения от системы оказывается, как правило, следующим: сначала источника лишаются потребители В и С (совместно), затем потребитель D и в последнюю очередь потребитель Е.



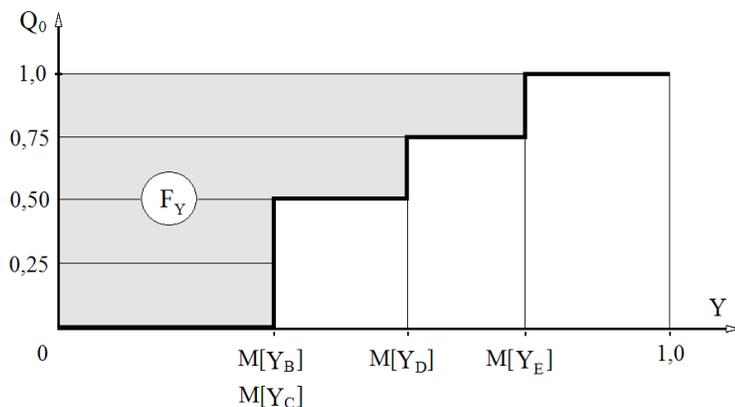


Рис. 4. Диаграмма повреждения сетевой структуры.

### ПОКАЗАТЕЛЬ СТОЙКОСТИ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР

Завершение процесса прогрессирующей блокировки повреждаемых узлов всегда приводит к полному разрыву связей с источником всех отключаемых потребителей продукта. Однако в реальных условиях развитие аварийной ситуации заканчивается обычно на начальных этапах повреждения сетевой структуры. В этом случае последствия неблагоприятного сценария событий оказываются менее значительными у систем, обладающих более высоким уровнем стойкости к разрушающим воздействиям.

Для описания динамики процесса прогрессирующей блокировки транспортных узлов систем с защищенными точечными элементами принимаются следующие обозначения:

$U_0$  – общее количество потребителей продукта, отключение которых возможно в аварийной ситуации;

$u$  – количество потребителей, отключенных от источника продукта в текущий момент системного времени;

$Q_0$  – доля потребителей, отключенных от источника в данный момент системного времени от общего числа потребителей ( $Q_0 = u / U_0$ );

$R_y$  – общее количество повреждаемых, незащищенных транспортных узлов (включая пограничные), блокировка которых оказывается возможной;

$r_x$  – текущее количество заблокированных узлов при развитии процесса прогрессирующего повреждения;

$Y$  – степень повреждения незащищенной части сетевой структуры, наблюдаемая

в текущий момент системного времени ( $Y = r_x / R_y$ ).

Оценивая структурную схему на рис. 3, необходимо отметить, что в ней присутствует периферийный кластер с двумя потребителями продукта В и С. Эти потребители связаны между собой защищенными линейными элементами и могут быть отключены от источника продукта только совместно.

Следствием этой структурной особенности является совпадение значений математических ожиданий соответствующих степеней повреждения  $M[Y_B]$  и  $M[Y_C]$  на диаграмме, которая показана на рис. 4.

Определим показатель стойкости сетевой структуры к развитию процесса прогрессирующей блокировки как площадь  $F_Y$  образовавшейся ступенчатой фигуры (рис. 4):

$$F_Y = \frac{M[Y_B] + M[Y_C] + M[Y_D] + M[Y_E]}{U_0}.$$

То есть, показатель стойкости к развитию процесса прогрессирующей блокировки узлов представляет собой среднее арифметическое значение математических ожиданий степеней блокировки, соответствующих всем возможным фазовым переходам в системе [10].

Разработанный показатель стойкости  $0 \leq F_Y \leq 1$  можно также рассматривать как среднюю долю повреждаемых узлов транспортной системы, блокировка которых приводит к прекращению доставки целевого продукта отключаемым потребителям.

Таким образом,  $F_Y$  является важной структурной характеристикой сетевого объекта с защищенными точечными эле-

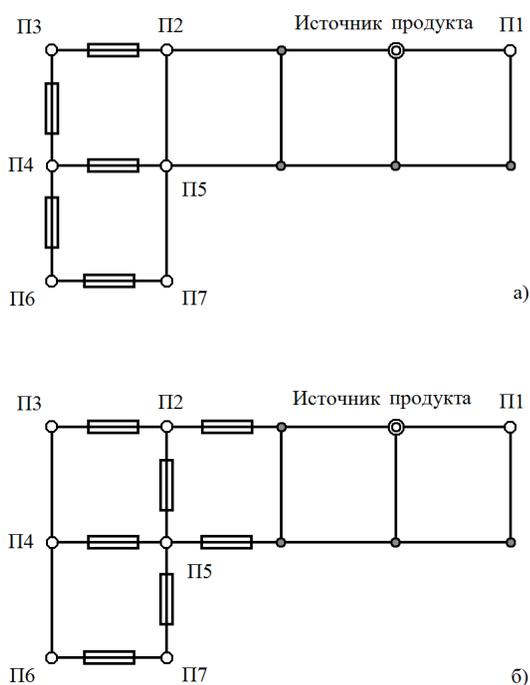


Рис. 5. Структурные схемы трубопроводных систем с условным обозначением STR1 (а) и STR2 (б).

ментами, позволяющей оценивать способность системы противостоять развитию аварийной ситуации по сценарию (алгоритму) прогрессирующей блокировки транспортных узлов. Для расчёта значений показателя стойкости вполне пригоден метод имитационного моделирования, сущность которого изложена в [11, с. 8].

Отметим также, что сетевые объекты с защищёнными точечными элементами в ситуации прогрессирующей блокировки узлов считаются сопоставимыми, если существует принципиальная возможность совмещения их диаграмм повреждения. Установлено, что такое совмещение вероятно, когда анализируемые системы имеют:

- одинаковое число узлов-потребителей, отключение которых от источника продукта возможно в результате развития процесса блокировки;
- одинаковое суммарное количество повреждаемых узлов;
- одинаковое число периферийных кластеров с двумя и более узлами-потребителями и совпадающее количество таких узлов в каждом из них;
- одинаковую последовательность отключения от источника как отдельных потребителей, так и периферийных кластеров с равным числом потребителей продукта.

Если хотя бы одно из перечисленных условий не выполняется, то корректное сравнение установленных значений показателей стойкости систем оказывается невозможным.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТОЙКОСТИ

Защита узлов трубопроводных систем может быть реализована с использованием различных организационно-технических приёмов. При этом практический интерес представляют обоснование и выбор наиболее эффективных проектных решений. Среди прочего встаёт и задача структурного синтеза, которая имеет решение, если сравниваемые сетевые структуры являются сопоставимыми [12, с. 81].

Предположим, транспортная система характеризуется структурной схемой STR1, показанной на рис. 5а. В неё входят периферийный кластер с потребителями П2, ... П7, а также отдельный потребитель целевого продукта П1. Характеристики структурного состава системы приведены в таблице 2.

Изменим условия защиты точечных элементов системы, беря в качестве альтернативы схему на рис. 5б. Характеристики альтернативной структуры STR2 также указаны в таблице 2.



Состав и свойства сетевых структур трубопроводных систем

Обозначение сетевой структуры	Количество структурных элементов			Наиболее вероятная последовательность отключения потребителей продукта	Показатель стойкости $F_{\gamma}$
	Отключаемых потребителей продукта	Повреждаемых узлов	Отключаемых потребителей из состава периферийного кластера		
STR1	8	9	6	Потребители П2, ... П7 (совместно), затем потребитель П1	0,361
STR2	8	9	6	Потребители П2, ... П7 (совместно), затем потребитель П1	0,416

С учётом перечисленных ранее условий сопоставимости и данных таблицы 2 можно сделать заключение, что сетевые структуры STR1 и STR2 удовлетворяют всем обозначенным критериям, а установленные значения показателей стойкости можно корректно сравнивать между собой.

Расчётные значения  $F_{\gamma}$ , установленные для этих систем, даны в таблице. Анализ показывает, что изменение условий защиты при переходе от структуры STR1 к структуре STR2 приводит к увеличению значений показателя стойкости системы к прогрессирующей блокировке узлов примерно на 15 %.

Это означает, что для полного разрыва связей между источником и потребителями целевого продукта в первом случае необходимо блокировать в среднем примерно 3,25 узла, а во втором — примерно 3,75 узла.

Таким образом, из рассмотренных альтернативных схем защиты трубопроводной системы лучшими свойствами обладает вариант на рис. 5б.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанный показатель стойкости трубопроводной системы к процессу прогрессирующей блокировки узлов представляет собой среднюю долю повреждаемых узлов транспортной системы, блокировка которых в случайном порядке приводит к отключению от источника всех потребителей целевого продукта.

2. Корректное сравнение показателей стойкости различных сетевых структур к процессу прогрессирующей блокировки

возможно только при соблюдении установленных условий их сопоставимости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тетельмин В. В., Язев В. А. Магистральные нефтегазопроводы. Учеб. пособие / 4-е изд. — Долгопрудный, Московская обл.: Интеллект, 2013. — 352 с.
2. Боровков В. М., Калитюк А. А. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов. — М.: Академия, 2007. — 240 с.
3. Теплинский Ю. А., Быков Ю. И. Управление эксплуатационной надёжностью магистральных газопроводов. — М.: ЦентрЛитНефтеГаз, 2007. — 400 с.
4. Шароварников А. Ф., Молчанов В. П., Воевода С. С. и др. Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов. — М.: Калан, 2002. — 448 с.
5. Валеев А. Р., Ялалов Д. В. Анализ способов сейсмозащиты магистральных трубопроводов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья. — 2017. — № 3. — С. 38–42.
6. Медведева М. Л., Муратов А. В., Прыгаев А. К. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: Учеб. пособие. — М.: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2013. — 250 с.
7. Дейнеко С. В. Обеспечение надёжности систем трубопроводного транспорта нефти и газа. — М.: Техника, Тума групп, 2011. — 176 с.
8. Самойленко Н. И., Сенчук Т. С. Функциональная надёжность магистральных трубопроводных транспортных систем. — Харьков: Изд-во НТМТ, 2009. — 276 с.
9. Снарский А. А., Ландэ Д. В. Моделирование сложных сетей: Учеб. пособие. — Киев: Инжиниринг, 2015. — 212 с.
10. Стенли Г. Фазовые переходы и критические явления: Пер. с англ. — М.: Мир, 1973. — 421 с.
11. Тарарычкин И. А., Блинов С. П. Имитационное моделирование процесса повреждения сетевых трубопроводных структур // Мир транспорта. — 2017. — № 2. — С. 6–19.
12. Тарарычкин И. А., Блинов С. П. Моделирование процесса прогрессирующего повреждения трубопроводных транспортных систем с защищёнными линейными элементами // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2018. — № 1. — С. 75–85. ●

Координаты автора: **Тарарычкин И. А.** — donbass\_8888@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.12.2018, принята к публикации 18.02.2019.

# PROTECTION OF TRANSPORT NODES AND RESISTIBILITY OF PIPELINE SYSTEMS

Tararychkin, Igor A., Lugansk, Ukraine.

## ABSTRACT

The analysis has been carried out and the laws of occurrence of emergency threats at pipeline transport facilities associated with the sequential damage of structural elements have been established. When an emergency situation develops, blocking of a separate system node is associated with simultaneous transition to a state of inoperability of all pipelines converging into the zone of that node. Such damage to the point element of the network

structure prevents product flows from passing through that point. The ability of a system to withstand a progressive blocking depends on its composition, structure, and is characterized by an indicator of persistence, the value of which is calculated using a simulation method. An example of the use of cluster schemes in solving the problem of structural synthesis and the selection of the best protection option for a pipeline transport system has been considered.

*Keywords:* system, pipeline, structure, transport nodes, clusters, protection, damage, resistance.

**Background.** Pipeline transport systems are widely used in various sectors of industrial production. Their operation ensures delivery of the target product to consumers in specified volumes and under specified conditions. Guaranteed product delivery is of particular importance for continuous technological processes and when servicing facilities that are not allowed to be disconnected from the source of the product [1, p. 14; 2, p. 4].

At the same time, functioning of the transport system may be associated with the occurrence of abnormal situations. The transition of individual elements of the system to a state of inoperability observed in this case can significantly limit its operational capabilities or be accompanied by the disconnection of individual consumers. The causes of damage to structural elements are usually explained by development of corrosion, hydraulic shocks, appearance of some resonant phenomena, seismic activity, formation of landslides, etc. [3–8].

Blocking of an individual node means the impossibility for a transport flow to pass through it and

is considered as the result of simultaneous transition to an inoperative state of all the pipelines that converge here.

Due to the presence of redundant links in the system and alternative ways of delivering the product, blocking a separate node, as a rule, does not lead to disconnecting all consumers from the source. The real danger is the process of progressive blocking, when the transport nodes go into the blocking state sequentially and randomly. This type of damage to the network structure is accompanied by a rapid degradation of the properties of the system. The development of the process finally results in disconnection from the source of all consumers of the target product.

It is possible to increase resilience of the system to development of progressive damages by ensuring protection of individual transport nodes and clearly recognizing the criteria for evaluating occurring events.

**Objective.** The objective of the author is to consider the issues related to protection of

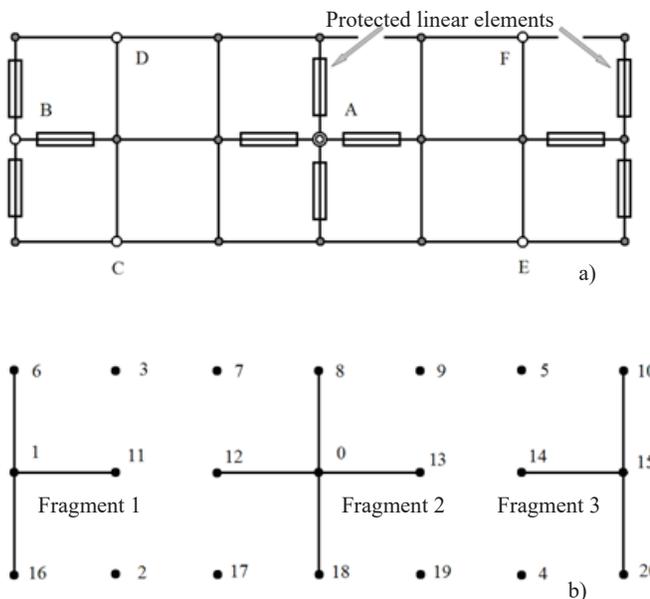
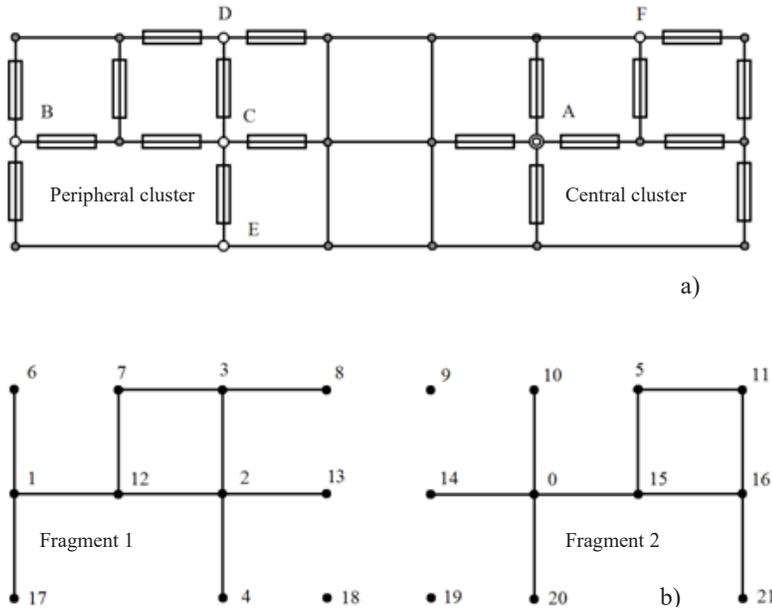
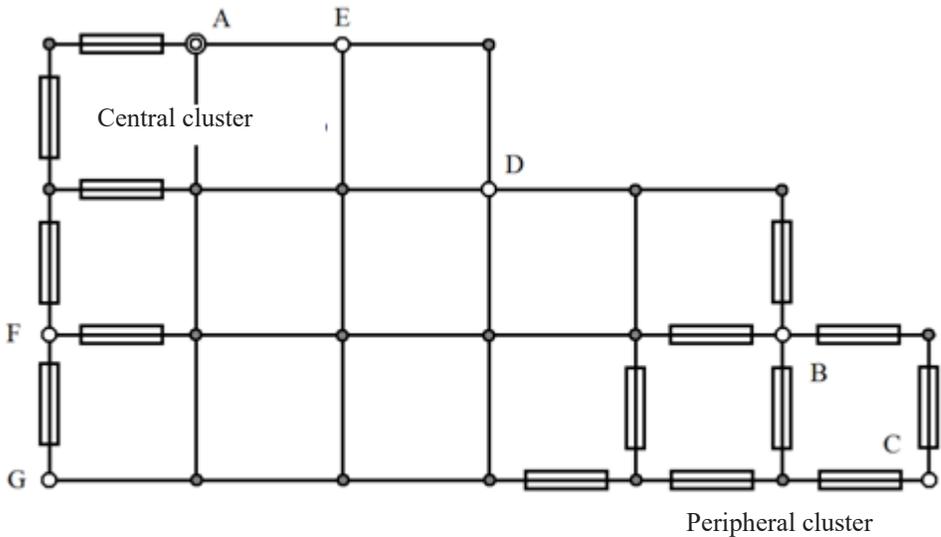


Fig. 1. The block diagram of the system with isolated protected nodes (a) and a marked graph of this system after completion of the procedure of progressive blocking of nodes (b).





**Pic. 2. Block diagram of a system with two protected clusters (a) and a marked graph of this system after the completion of the progress of progressive blocking of nodes (b).**



**Pic. 3. Block diagram of the pipeline system with eight protected nodes integrated into two clusters.**

transport nodes in case of progressive blocking and to explore methods to assess and ensure durability of pipeline systems.

**Methods.** The author uses general scientific and engineering methods, simulation, modeling, comparative analysis, structural analysis and synthesis, methods of percolation theory.

**Cluster scheme features**

The protected transport node of the system is further considered as a structural element that is not damaged under any variant of the progressive blocking process. At the same time, a different, alternative view of protection of a single point element is also fair. Thus, it is quite correct to present blocking of a protected node as an event

characterized by the simultaneous loss and subsequent instantaneous recovery of all the pipelines converging into it, which in these conditions turn out to be protected linear elements.

Since transition of protected pipelines to the state of inoperability is impossible, blocking a protected node does not lead to changes in the mode of operation of the entire transport system.

Let's consider the structural features of the transport system with three nodes protected from blocking (Pic. 1a).

These nodes (source A, consumer B, and distribution node) perform different functions and are isolated, since they are not interconnected by protected transport routes. In addition, only protected



Table 1

## Quantitative composition of structural elements of the pipeline system

Name of system element	Quantity in the system	Note
Transport node	24	Including product source
Damageable node	16	Including border nodes
Product consumer	6	
Switchable consumer	4	B, C, D, E
Central cluster	1	
Peripheral cluster	1	
Consumer node in the central cluster	2	F, G
Consumer node in the peripheral cluster	2	B, C
Protected consumer	2	F, G
Border node in the central cluster	4	Including product source A
Border node in the peripheral cluster	3	

linear elements converge in each of them. The development of the process of progressive blocking will result in the fact that the system containing isolated nodes will break up into fragments torn apart from each other (Pic. 1b).

If the protection of nearby nodes leads to formation of a set of interrelated protected linear elements, then a protected fragment is formed in the system that can significantly affect its readiness to resist the development of progressive damage.

So, Pic. 2a shows a block diagram of a system consisting of two protected parts, each of which contains four protected nodes.

After the process of progressive damage is fully completed, formation of two unrelated fragments consisting of intact linear elements of the system will occur (Pic. 2b).

In percolation theory, a subset of interconnected nodes of a complex network is usually called a cluster [9, p. 48]. In this case, a set of interconnected protected transport nodes should be considered as some kind of protective cluster, the presence of which affects resistance to damage of the entire network object. If there is a source node in the protective cluster, then such a cluster is called central, otherwise it is considered as peripheral. It is obvious that in the transport system there can be only one central cluster.

In addition, consumer nodes within the central cluster are protected and cannot be disconnected from the source of the product due to progressive blocking. The same set includes border nodes belonging simultaneously to the cluster and the unprotected part of the system. Taking into account the aforementioned peculiarity, blocking of a border node is accompanied by transition to the state of inoperability of only a certain part of the pipelines converging to this node.

In the general case, protection of point elements of the network structure of transport systems is associated with possible formation of a certain number of:

- protected consumers that cannot be disconnected from the source of the product under progressive blocking conditions;
- damageable nodes that can change their state when they are blocked;
- protective clusters, which may include both the source and consumers of the target product.

Let's consider, for example, a block diagram of a pipeline system shown in Pic. 3. Data on the

quantitative composition of the individual structural elements of the system are given in Table 1.

The analysis showed that as the process of progressive blocking of nodes develops, the order of disconnecting from the system is usually the following: first, consumers B and C lose the source (jointly), then consumer D and last of all consumer E are disconnected.

#### Network structures resistance index

The completion of the process of progressive blocking of damageable nodes always leads to a complete rupture of connections with the source of all disconnected consumers of the product. However, in real conditions development of an emergency situation usually ends at the initial stages of damage to the network structure. In this case, the consequences of an unfavourable scenario of events turn out to be less significant for systems that have a higher level of resistance to damaging effects.

The following notation is used to describe the dynamics of the process of progressive blocking of transport nodes of systems with protected point elements:

$U_0$  – total number of consumers of the product, which can be disconnected in an emergency;

$u$  – number of consumers disconnected from the source of the product at the current system time;

$Q_0$  – proportion of the total number of consumers disconnected from the source at the current system time ( $Q_0 = u/U_0$ );

$R_y$  – total number of damageable, unprotected transport nodes (including border nodes), which blocking is possible;

$r_x$  – current number of blocked nodes during development of the process of progressive damage;

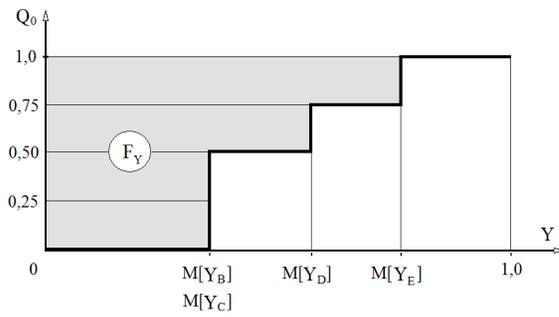
$Y$  – degree of damage to the unprotected part of the network structure observed at the current system time ( $Y = r_x/R_y$ ).

Evaluating the block diagram in Pic. 3, it should be noted that it has a peripheral cluster with two consumers of product, namely B and C. These consumers are connected to each other by protected linear elements and can only be disconnected from the source of the product jointly.

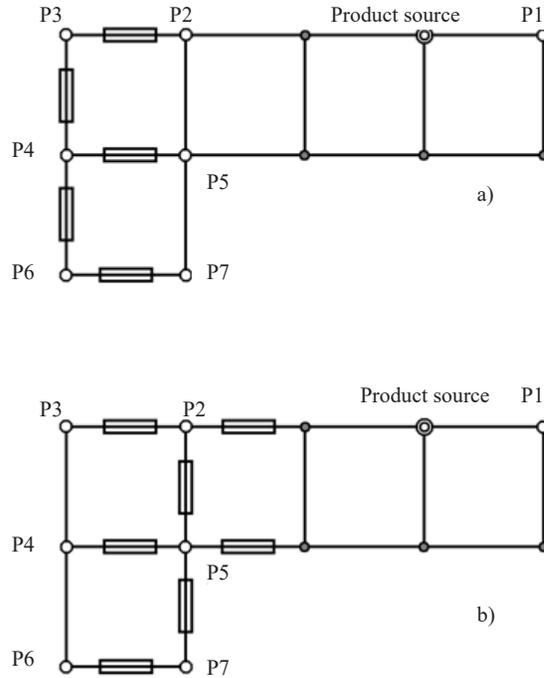
The consequence of this structural feature is coincidence of the values of the mathematical expectations of the corresponding degrees of damage  $M[Y_B]$  and  $M[Y_C]$  in the diagram, which is shown in Pic. 4.

Let's determine the indicator of resistance of the network structure to development of the progressive





Pic. 4. Diagram of damage to the network structure.



Pic. 5. Block diagrams of pipeline systems with configurations STR1 (a) and STR2 (b).

Table 2

Composition and properties of network structures of pipeline systems

Network structure designation	Number of structural elements			The most probable disconnection sequence of product consumers	Resistance index $F_Y$
	Disconnectable product consumers	Damageable nodes	Disconnectable consumers from the peripheral cluster		
STR1	8	9	6	Consumers P2, ... P7 (jointly), then consumer P1	0,361
STR2	8	9	6	Consumers P2, ... P7 (jointly), then consumer P1	0,416

blocking process as the area  $F_Y$  of the resulting stepped figure (Pic. 4):

$$F_Y = \frac{M[Y_B] + M[Y_C] + M[Y_D] + M[Y_E]}{U_0}$$

That is, the indicator of resistance to development of a process of progressive blocking of nodes represents the arithmetic average of the

mathematical expectations of the degrees of blocking corresponding to all possible phase transitions in the system [10].

The developed indicator of resistance  $0 \leq F_Y \leq 1$  can also be considered as the average proportion of damageable nodes of the transport system, blocking of which leads to termination of delivery of the target product to switchable consumers.

Thus,  $F_v$  is an important structural characteristic of a network object with protected point elements, which makes it possible to evaluate the ability of the system to withstand development of an emergency situation according to the scenario (algorithm) of progressive blocking of transport nodes. The method of simulation modeling, the essence of which is described in [11, p. 8], is quite suitable for calculating the values of the index of resistance.

Let us also note that network objects with protected point elements in a situation of progressive blocking of nodes are considered comparable if there is a fundamental possibility of combining their damage diagrams. It is established that such a combination is possible when the analyzed systems have:

- the same number of consumer nodes, which can be disconnected from the source of the product as a result of development of the blocking process;
- the same total number of damageable nodes;
- the same number of peripheral clusters with two or more consumer nodes and the same number of such nodes in each of them;
- the same sequence of disconnection from the source of both individual consumers and peripheral clusters with an equal number of product consumers.

If at least one of the listed conditions is not met, then a correct comparison of the established values of the system resistance indices is impossible.

#### Comparative analysis of resistance

Protection of pipeline system nodes can be implemented using various organizational and technical methods. At the same time, substantiation and selection of the most effective design solutions are of practical interest. Among other things, there is the problem of structural synthesis, which has a solution if the compared network structures are comparable [12, p. 41].

Let us suppose that the transport system is characterized by the block diagram STR1 shown in Pic. 5a. It includes a peripheral cluster with consumers P2, ... P7, as well as a separate consumer of the target product P1. Characteristics of the structural composition of the system are shown in Table 2.

Let's change the protection conditions of the point system elements, taking as an alternative the diagram in Pic. 5b. Characteristics of the alternative structure STR2 are also listed in Table 2.

Taking into account the comparability conditions listed above and Table 2, we can conclude that the network structures STR1 and STR2 satisfy all the designated criteria, and the set values of the persistence indicators can be correctly compared with each other.

The calculated  $F_v$  values established for these systems are given in the table. The analysis shows that changing the protection conditions during transition from the structure STR1 to the structure STR2 leads to an increase in the system resistance index values to a progressive blocking of nodes by approximately 15%.

This means that in order to completely break the links between the source and consumers of the target product, in the first case it is necessary to block on average about 3,25 nodes, and in the second – about 3,75 nodes.

Thus, from the considered alternative schemes of protection of the pipeline system, the variant in Pic. 5b has the best characteristics.

#### Conclusions.

1. The developed indicator of resistance of a pipeline system to the process of progressive blocking of nodes represents the average proportion of damageable nodes of the transport system, blocking of which in random order leads to disconnecting from the source of all consumers of the target product.

2. Correct comparison of the resistance indicators of various network structures to the progressive blocking process is possible only if the established conditions for their comparability are observed.

#### REFERENCES

1. Tetelmin, V. V., Yazev, V. A. Main oil and gas pipelines [Magistralnie neftegazoprovody]. Study guide, 4<sup>th</sup> ed. Dolgoprudniy, Moscow region, Intellekt publ., 2013, 352 p.
2. Borovkov, V. M., Kalituyuk, A. A. Manufacturing and installation of technological pipelines [Izgotovlenie i montazh tekhnologicheskikh truboprovodov]. Moscow, Academia publ., 2007, 240 p.
3. Teplinsky, Yu. A., Bykov, Yu. I. Management of operational reliability of main gas pipelines [Upravlenie ekspluatatsionnoi nadezhnost'yu magistralnykh gazoprovodov]. Moscow, CentrLitNefteGaz, 2007, 400 p.
4. Sharovarnikov, A. F., Molchanov, V. P., Voyevoda, S. S. [et al]. Extinguishing fires of oil and oil products [Tushenie pozharov nefi i nefteproduktov]. Moscow, Kalan publ., 2002, 448 p.
5. Valeev, A. R., Yalalov, D. V. Analysis of the methods of seismic protection of trunk pipelines [Analiz sposobov seizmozashchity magistralnykh truboprovodov]. Transport i khranenie nefteproduktov i uglevodorodnogo syriya, 2017, Iss. 3, pp. 38–42.
6. Medvedev, M. L., Muradov, A. V., Prygaev, A. K. Corrosion and protection of main pipelines and reservoirs: Study guide [Korroziya i zashchita magistralnykh truboprovodov i rezervuarov: Ucheb. posobie]. Moscow, Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 2013, 250 p.
7. Deineko, S. V. Ensuring reliability of oil and gas pipeline transport systems [Obespechenie nadezhnosti sistem truboprovodnogo transporta nefi i gaza]. Moscow, Tekhnika, Tuma group, 2011, 176 p.
8. Samoilenko, N. I., Senchuk, T. S. Functional reliability of main pipeline transport systems [Funktsionalnaya nadezhnost' magistralnykh truboprovodnykh transportnykh sistem]. Kharkov, Publishing house of NTMT, 2009, 276 p.
9. Snarsky, A. A., Lande, D. V. Modeling of complex networks: Study guide [Modelirovanie slozhnykh setei: Ucheb. posobie]. Kiev, Engineering, 2015, 212 p.
10. Stanley, H. Eu. Introduction to Phase Transitions and Critical Phenomena. Transl. from English. Moscow, Mir publ., 1973, 421 p.
11. Tararychkin, I. A., Blinov, S. P. Simulation Modeling of Process of Damaging of Network Pipeline Structures. World of Transport and Transportation, Vol. 15, 2017, Iss. 2, pp. 6–19.
12. Tararychkin, I. A., Blinov, S. P. Modeling the process of progressive damage to pipeline transport systems with protected linear elements [Modelirovanie protsessu progressivuyushchego povrezhdeniya truboprovodnykh sistem s zashchishchennymi lineinymi elementami]. Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov, 2018, Iss. 1, pp. 75–85.



Information about the author:

**Tararychkin, Igor A.** – D.Sc. (Eng), professor, Lugansk, Ukraine, donbass\_8888@mail.ru.

Article received 03.12.2018, accepted 18.02.2019.

# Промышленная безопасность на энергоучастках электрифицированных линий



Анатолий ЛУКЬЯНОВ  
Anatoly M. LUKYANOV

Дмитрий КОРОЛЬЧЕНКО  
Dmitry A. KOROLCHENKO



Анна ЛУКЬЯНОВА  
Anna A. LUKYANOVA

*Лукьянов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Корольченко Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, доцент Московского государственного строительного университета, Москва, Россия. Лукьянова Анна Александровна – инженер, ассистент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

## Industrial Safety at the Energy Sites of Electrified Railway Lines

(текст статьи на англ. яз. –  
English text of the article – p. 236)

**Система промышленной безопасности в ОАО «РЖД» складывалась десятилетиями. В новых экономических условиях многие её базовые принципы сохранились, но появились и те факторы, которые требуют научного анализа, экспериментальной проверки, современных технологических средств. На примере обслуживания электрифицированных линий исследуется и оценивается ситуация с безопасностью труда, пожарным риском на объектах железнодорожного транспорта.**

Ключевые слова: железная дорога, энергоучасток, зоны риска, безопасность труда, контактная сеть, каретка съёмной изолирующей вышки, шунтирующая штанга, пожарный отсек.

**В** Российской Федерации электрифицировано около 50 % железных дорог, на которых выполняются перевозки более 80 % грузов, а доля пассажирооборота на них составляет более 41 % по стране [1, с. 3].

В последние годы на железных дорогах расширяется движение тяжеловесных и длинносоставных поездов повышенной массы, вводится в эксплуатацию новый электроподвижной состав, растут скорости движения пассажирских поездов и грузонапряжённость электрифицированных линий, а вместе с этим растут и требования к качеству и надёжности устройств электрооснабжения тяги, особенно контактной сети.

Контактная сеть ОАО «РЖД» – сложное техническое сооружение электрифицированного транспорта. Задача обслуживающего персонала – постоянно содержать устройства контактной сети и воздушных линий в технически исправном состоянии. Для этого необходимо знать и тщательно соблюдать правила техники безопасности,

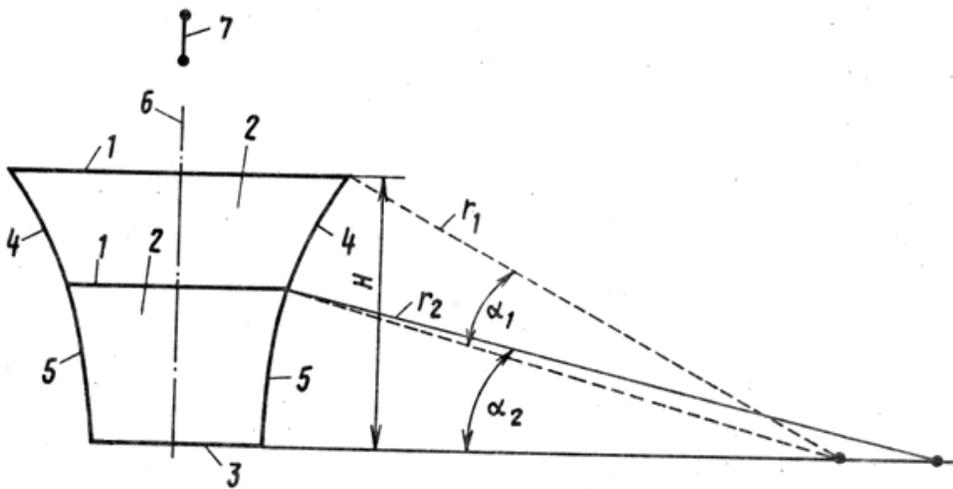


Рис. 1. Каретка изолирующей съёмной вышки контактной сети:  
 1 – металлический каркас; 2 – сетчатое ограждение; 3 – металлическое основание;  
 4 – цилиндрическая поверхность; 5 – образующая, параллельная оси контактной сети;  
 6 – ось, параллельная контактной сети; 7 – контактная сеть.

быстро ориентироваться в сложной поездной ситуации, своевременно проводить профилактические мероприятия, уметь в сжатые сроки выполнять восстановительные работы [1, 2].

Прогнозирование инноваций для обеспечения безопасных условий труда на объектах железнодорожного транспорта и использование новых прогрессивных начинаний как условие успешного функционирования любого предприятия сформулированы в [3].

В процессе эксплуатации сетевых устройств появляются различные отклонения от нормативного состояния отдельных элементов и узлов. Проверка технического состояния контактной подвески является ответственной работой для персонала дистанции контактной сети.

### РИСКИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

В зоне контактной сети немалое место принадлежит работам со съёмной изолирующей вышкой, которые выполняются, как правило, под напряжением. В [2, 4] сформулирован порядок их выполнения и регламент.

В Российском университете транспорта для изолирующей вышки разработаны новая каретка и свой вариант шунтирующей штанги.

Экспериментально установлено [5, с. 3], что каретка изолирующей съёмной

вышки контактной сети (рис. 1) должна состоять из металлического каркаса (1) с сетчатым ограждением (2), гальванически связанного с металлическим основанием (3). Каждая боковая стенка металлического каркаса 1 выполнена в виде вогнутых внутрь каретки двух сопряжённых между собой цилиндрических поверхностей (4) и (5) с образующими, параллельными оси (6) контактной сети (7). При этом верхняя цилиндрическая поверхность (5) имеет радиус меньше, чем нижняя.

Время нахождения персонала в электрическом поле существенно зависит от напряжённости поля в рабочей зоне, где используется каретка изолирующей съёмной вышки, а металлический каркас связан с контактной сетью шунтирующими штангами. Снижение напряжённости электрического поля в этом случае может быть достигнуто изменением конструкции каретки. Причём напряжённость в рабочей зоне определяется как геометрическая (векторная) сумма от напряжённости контактной сети ( $E_{к.с.}$ ) и напряжённости поля, создаваемого кареткой ( $E_{кар.}$ ), а также от напряжённости воздушных линий ( $E_{в.л.}$ ) в местах пересечения.

В рабочей зоне каждая из векторных сумм напряжённостей электрического поля контактной сети и каретки (рис. 2) бу-



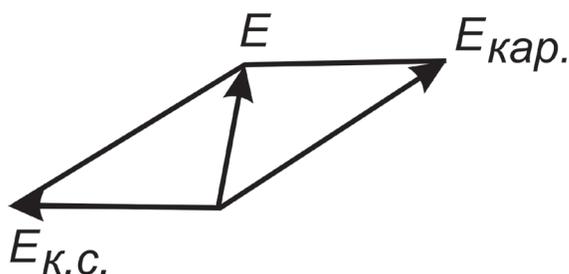


Рис. 2. Картина напряжённости электрического поля в зоне нахождения персонала при работах с вышки под напряжением:  $E_{к.с.}$  – вектор напряжённости электрического поля контактной сети;  $E_{кар.}$  – вектор напряжённости электрического поля каретки;  $E$  – суммарный вектор напряжённости электрического поля.

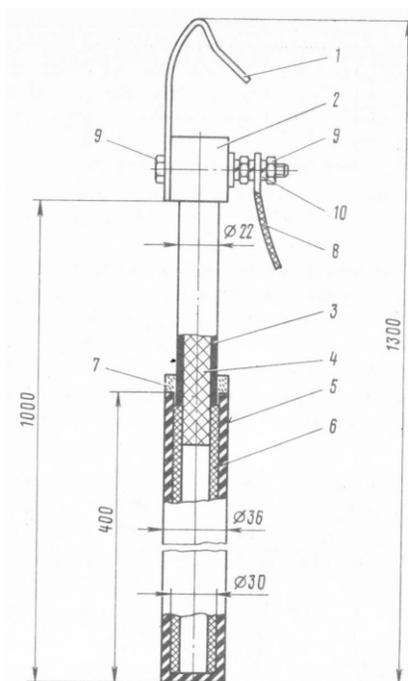


Рис. 3. Шунтирующая штанга съёмной вышки:  
1 – медный крюк; 2 – наконечник; 3 – фторопластовая трубка; 4 – стеклопластиковый стержень;  
5 – резиновое покрытие; 6 – стеклопластиковая трубка;  
7 – герметизирующее кольцо; 8 – гибкий медный провод; 9, 10 – крепёжные детали.

дуг направлены относительно друг друга под углом, существенно превышающим  $90^\circ$ .

В рассматриваемом варианте суммарная напряжённость уменьшается, если параллельные оси контактной сети поверхностей 4 и 5 каретки (рис. 1) выполнены в виде вогнутых внутрь каретки двух сопряжённых между собой цилиндрических поверхностей. При этом центры радиусов поверхностей расположены в плоскости, проходящей через основание каретки.

При моделировании электрических полей каретки изолирующей съёмной вышки

контактной сети на электропроводящей бумаге установлено, что оптимальными являются следующие соотношения геометрических размеров каретки:  $\alpha_1/\alpha_2 = 0,85-0,95$ ;  $r_1/H = 1,9-2,0$ ;  $r_2/H = 2,0-2,6$ . Если принять  $H = 95$  см, то  $r_1 = 1800-1900$  мм;  $r_2 = 2370-2470$  мм;  $\alpha_1 = 13-15^\circ$ ;  $\alpha_2 = 12-13^\circ$ , где  $H$  – высота каретки,  $\alpha_1$  – центральный угол дуги поверхности 4,  $\alpha_2$  – центральный угол дуги поверхности 5,  $r_1$  – радиус вогнутой поверхности 4,  $r_2$  – радиус вогнутой поверхности 5.

Именно при наличии названных характеристик суммарная напряжённость элект-

рического поля каретки и электрического поля контактной сети уменьшается до 40° и более.

В меньшей степени снижается суммарная напряжённость электрического поля в местах пересечения линий высокого напряжения, поскольку для существенного снижения модуля вектора  $E_{\text{кар.}} + E_{\text{к.с.}} + E_{\text{в.л.}}$  каретку необходимо гальванически соединить с проводом воздушной линии, что недопустимо.

Опуская подробности, констатируем, что несомненную пользу для обслуживающего персонала оказывают и шунтирующие штанги; один из вариантов разработанной в Российском университете транспорта такой штанги приведён на рис. 3.

### ПОЖАРНЫЕ ОТСЕКИ

При строительстве зданий энергоучастка или дистанций контактной сети важнейшим требованием является необходимость их деления на пожарные отсеки [6, с. 8–33; 7, с. 77–84]. Здесь нужен индивидуальный подход, что обуславливает создание и использование своей расчётной методики.

Деление здания энергоучастка или дистанции контактной сети на пожарные отсеки помогает ограничить распространение пожара за пределы его очага. Главное же, с дробления рабочих площадей начинается формирование системы противопожарной защиты, и эта задача реализуется во взаимосвязке с планировочными, конструктивными и инженерными проектными решениями.

Одним из наиболее значимых критериев при выборе максимально допустимой площади пожарного отсека является учёт тактико-технических возможностей горизонта пожарной охраны и пожарно-спасательных подразделений, обслуживающих территорию, на которой размещено здание энергоучастка и дистанции контактной сети.

Алгоритм принятия решений по делению здания энергоучастка и дистанции контактной сети на пожарные отсеки в соответствии с действующей системой технического регулирования ориентирован прежде всего на соблюдение требований нормативных документов.

В практике строительства энергоучастка и дистанции контактной сети инженерные решения обосновываются

большой частью расчётами. Однако исторически сложилось, что по ряду причин противопожарные решения, в том числе по устройству пожарных отсеков, основываются преимущественно на нормах. Это естественно, потому что будучи составным элементом строительного процесса, проектирование нуждается в минимальном анализе и меньших затратах времени на подготовку проектных решений.

Понятно, что и предписывающие нормы могут иметь свои недостатки. В частности, возможны ситуации, когда два здания, запроектированные по одним и тем же нормативам и имеющие один класс функциональной пожарной опасности, будут отличаться разным уровнем безопасности для людей и имущества при пожаре.

Проектировщик нередко поставлен в условия конфликта: с одной стороны, надо подчиняться требованиям норм, а с другой — удовлетворять функциональные нужды заказчика здания. Часто возникают вопросы в отношении привязки определённых нормативных требований к специфическим особенностям проектируемого здания. Предписывающие нормы могут быть чересчур консервативны и потому необоснованно дороги в исполнении. Не случайно их порой «заменяют» обобщённая практика и компромиссные взаимные договорённости без серьёзной инженерной проработки [8–11].

Для деления энергоучастка и дистанции контактной сети на пожарные отсеки применяются противопожарные стены и перекрытия 1-го типа. Пределы огнестойкости для них установлены таблицей 23 «Технического регламента о требованиях пожарной безопасности» [6] — не менее REI 150. Класс конструктивной пожарной опасности противопожарных преград независим от класса пожарной опасности энергоучастка или дистанции контактной сети.

Принципиальное отличие строительной конструкции, используемой в качестве противопожарной преграды, от строительной конструкции с нормируемым пределом огнестойкости заключается в наличии требования о соответствующем заполнении проёмов в преграде.

При делении зданий и сооружений на отсеки следует выполнять предписания,



направленные на нераспространение пожара в обход противопожарных преград.

Противопожарные стены должны возводиться на всю высоту здания либо до противопожарных перекрытий 1-го типа и обеспечивать непопадание огня в смежный пожарный отсек, в том числе при одностороннем обрушении конструкций со стороны очага пожара.

Места сопряжения противопожарных стен, перекрытий и перегородок с другими ограждающими конструкциями пожарного отсека должны иметь не меньший по отношению друг к другу предел огнестойкости.

Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной, если объект в полной мере отвечает нормам регламента, принятым в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании» (от 27.12.2002 г. № 184-ФЗ), и пожарный риск не превышает допустимых значений. Подтверждением этому служит либо соблюдение нормативных документов по пожарной безопасности, либо расчёт пожарных рисков при обязательном выполнении в любом случае требований технических регламентов.

Отсюда следует задача рассмотреть возможности, предоставляемые расчётом индивидуального пожарного риска для обоснования размеров пожарных отсеков.

## РАСЧЁТ ПОЖАРНОГО РИСКА

Порядок расчёта установлен приказом МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» и приказом МЧС РФ от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах» [8, 12].

Расчёты по оценке пожарного риска проводятся путём сопоставления представленных данных с нормативными значениями. Определение расчётных величин риска осуществляется на основании:

- 1) анализа пожарной опасности зданий;
- 2) частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- 3) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

4) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей;

5) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий.

Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на человека, находящегося в здании.

Частота воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_B^H, \quad (1)$$

где  $Q_B^H$  — нормативное значение индивидуального пожарного риска,  $Q_B^H = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ ;

$Q_B$  — расчётная величина индивидуального пожарного риска.

Расчётная величина  $Q_B$  в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_B = Q_n \cdot (1 - R_{ан}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - P_{п.з}), \quad (2)$$

где  $Q_n$  — частота возникновения пожара в здании в течение года, определяемая с помощью статистических данных;

$R_{ан}$  — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (АУПТ). Значение параметра  $R_{ан}$  определяется технической надёжностью элементов АУПТ. При отсутствии в здании систем автоматического пожаротушения  $R_{ан}$  принимается равной нулю;

$P_{пр}$  — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения  $P_{пр} = t_{функц} / 24$ , где  $t_{функц}$  — время нахождения людей в здании в часах;

$P_э$  — вероятность эвакуации людей;

$P_{п.з}$  — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Вероятность  $P_{п.з}$  рассчитывается по формуле:

$$P_{п.з} = 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{соуэ}) \cdot (1 - R_{обн} \cdot R_{п.з}), \quad (3)$$

где  $R_{обн}$  — вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{соуэ}$  — условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуа-



цией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{\text{пдз}}$  – условная вероятность эффективного срабатывания системы противоподымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Как видно из приведённых формул, в методике расчёта пожарного риска отсутствуют показатели, зависящие от площади пожарного отсека или его высоты. Безопасность людей обеспечивается за счёт правильного устройства путей эвакуации и технических систем противопожарной защиты. Размеры пожарных отсеков оказывают лишь косвенное влияние на принимаемые решения в области безопасности.

И здесь возникают два серьёзных момента, связанных с действующими методиками.

Первый: расчёт пожарного риска, выполненный в соответствии с методикой, не может являться основанием для невыполнения положений нормативных документов, которые его не учитывают.

Второй момент: положения Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 27.07.2017 г.), в частности ст. 87, о том, что «степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков должна устанавливаться в зависимости от их этажности, класса функциональной пожарной опасности, площади пожарного отсека и пожарной опасности происходящих в них технологических процессов», должны учитываться уже на этапе проектирования. При невыполнении требований нормативных документов к площади пожарных отсеков не выполняются, естественно, и требования федерального закона о том, что степень огнестойкости должна соответствовать площади пожарного отсека.

## ВЫВОДЫ

В ходе исследований дана оценка ситуации с безопасностью труда на энергоучаст-

ках электрофицированных линий железных дорог и при этом:

1) представлены разработанные в Российском университете транспорта каретка съёмной изолирующей вышки и шунтирующая штанга;

2) установлено, что расчёт индивидуального пожарного риска не может быть использован в качестве необходимой и достаточной базы для обоснования размеров пожарных отсеков.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чекулаев В. Е. и др. Устройство и техническое обслуживание контактной сети: Учеб. пособие / Под ред. А. А. Федотова. – М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2014. – 436 с.

2. Борц Ю. В., Чекулаев В. Е. Контактная сеть. – М.: Транспорт, 1981. – 223 с.

3. Пономарёв В. М., Донцов С. А. Прогнозирование инноваций и безопасный труд // Мир транспорта. – 2012. – № 4. – С. 142–145.

4. Жуков В. И., Пономарёв В. М., Рахманов Б. Н. Безопасность труда на железнодорожном транспорте: Учебник для вузов. – М.: МИИТ, 2011. – 731 с.

5. Косарев Б. И., Кручинин Е. В., Лукьянов А. М. и др. Каретка изолирующей съёмной вышки контактной сети // Бюл. Изобретений, 1989, № 3. В 60 М 1/28, № 1452725. Заявка № 4305799 от 09.07.1987, ВНИИ-ПИ.

6. Пронин Д. Г., Корольченко Д. А. Деление зданий на пожарные отсеки. – М.: Пожнаука, 2014. – 40 с.

7. Pope R. Lessons from Madrid // New Steel Construction. – 2006. – Vol. 14 (3). – pp. 26–28.

8. Polandov Iu., Korolchenko D. The consideration of the turbulence influence on the gas explosion expansion in non-closed areas. – MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 106. – Art. 01040. – 8 p. – DOI: 10.1051/mateconf/201710601040.

9. Kholshchevnikov V., Korolchenko D., Zosimova O. Efficiency evaluation criteria of communication paths structure in a complex of buildings of maternity and childcare institutions. – MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 106. – Art. 01037. – 11 p. – DOI: 10.1051/mateconf/201710601037.

10. Korolchenko D., Pizhurin A. Simulating operational control of production in lumber house building businesses. – MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 117. – Art. 00084. – 7 p. – DOI: 10.1051/mateconf/201711700084.

11. Корольченко Д. А., Черкина В. М., Евич А. А. Эффективность применения кремнезёмной ткани в противопожарных шторах // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 4. – С. 107–111.

12. Корольченко Д. А., Холщевников В. В. Дифференциация концепции системного подхода к анализу городской среды // Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – № 7. – С. 44–51. ●

Координаты авторов: Лукьянов А. М. – (495) 684–24–70, Корольченко Д. А. – (495) 287–49–19, Лукьянова А. А. – mikeskywalker@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 19.09.2018, принята к публикации 20.02.2019.



## INDUSTRIAL SAFETY AT THE ENERGY SITES OF ELECTRIFIED LINES

*Lukyanov, Anatoly M., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Korolchenko, Dmitry A., Moscow State (National Research) University of Civil Engineering, Moscow, Russia.*

*Lukyanova, Anna A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

Situation with labour safety and fire risk at railway transport facilities is studied and assessed at the example of railway electrified lines of JSC Russian Railways.

The industrial safety system at JSC Russian Railways has been developing for decades. In the new economic conditions, many of its basic principles have been preserved, but new factors have emerged that require scientific analysis, experimental verification, and modern technological tools.

In the course of the research, an assessment was made of labour safety situation at the energy sites of

electrified lines of railways with particular regard to the use of a removable insulating tower for catenary repairs, assessment of high voltage hazards for employees, peculiarities of construction of fire protection compartments, fire risk calculations. It is concluded that the calculation of an individual fire risk cannot be used as a necessary and sufficiently autonomous basis for substantiating the size of fire compartments. The removable insulating tower carriage and shunt rod developed at Russian University of Transport are presented. Many conclusions have general character and are of universal interest.

**Keywords:** railway, energy site, risk zones, occupational safety, contact network, removable insulating tower carriage, shunting rod, fire compartment.

**Background.** In the Russian Federation, about 50 % of the railways are electrified, the operators transport more than 80 % of cargo, and the share of passenger turnover on them is more than 41 % of total rail passenger turnover [1, p. 3].

In recent years, the railways have been expanding operation of long heavy-weight trains, commissioning new electric rolling stock, increasing the speed of passenger trains and cargo density of electrified lines, followed by growing requirements for quality and reliability of traction power supply devices, especially the contact network.

The overhead contact system of JSC Russian Railways is a complex technical facility of electrified transport. The task of the service personnel is to constantly maintain the devices of catenary and overhead lines in a technically sound condition. To do this, it is necessary to know and carefully observe the safety regulations, quickly manage a difficult train situation, carry out preventive measures in a timely manner, and be able to perform maintenance work in a short time [1, 2].

Prediction of innovations to ensure safe working conditions at railway facilities and the use of new progressive initiatives as a condition for successful functioning of any enterprise are formulated in [3].

During the operation of network devices, various deviations from the standard state of individual elements and nodes appear. Checking the technical condition of overhead lines is a responsible work for the personnel of the contact network divisions.

**Objective.** The objective of the authors is to consider selected industrial safety issues at the energy sites of electrified railways.

**Methods.** The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, mathematical methods, methods of electrical engineering and of safety management.

### Results.

#### Risks under voltage

In the area of the overhead line, a considerable place belongs to works with a removable insulating tower, which are performed, as a rule, under voltage.

In [2, 4], the order of conducting works and relevant regulations are studied.

In Russian University of Transport a new carriage and new own version of a shunt bar have been developed for an insulating tower.

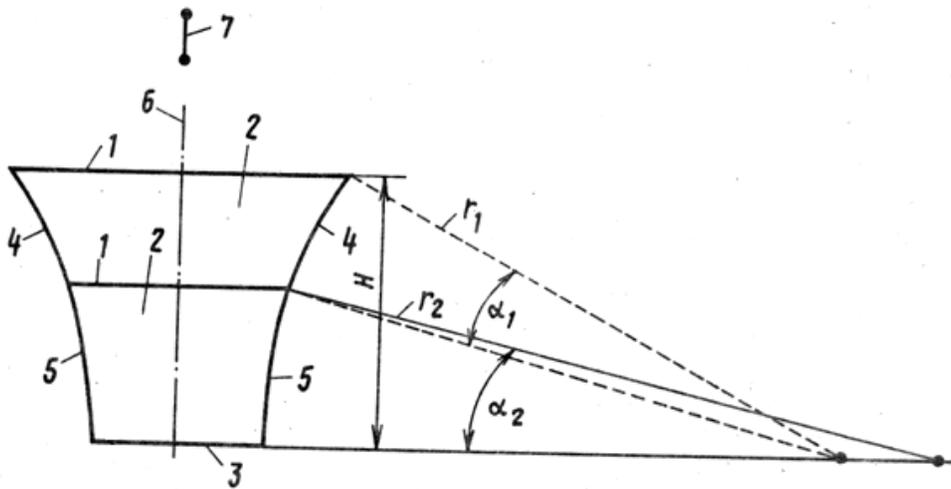
It was established experimentally [5, p. 3] that a carriage of an isolating removable tower for overhead line (Pic. 1) should consist of a metal frame 1 with a mesh fence 2 galvanically connected with a metal base 3. Each side wall of the metal frame 1 is made in the form of two conjugated cylindrical surfaces (4 and 5), which are caved-in regarding the carriage, and that have generatrix, parallel to the axis 6 of the contact network 7. The upper cylindrical surface 5 has a radius less than that of the bottom.

The time spent by staff in an electric field significantly depends on the field strength in the working area, where an insulating removable tower carriage is used, and the metal frame 1 is connected to the overhead line by shunting rods. Reducing the electric field in this case can be achieved by changing the design of the carriage. Moreover, the intensity in the working area is defined as the geometric (vector) sum of the strength of the contact network ( $E_{c.n.}$ ) and the field strength created by the carriage ( $E_{car.}$ ), as well as of the intensity of the overhead lines ( $E_{o.l.}$ ) at the intersections.

In the working area, each of the vector sums of the electric field strength of the overhead line and the carriage (Pic. 2) will be directed relative to each other at an angle significantly exceeding 90°.

In the considered variant, the total strength decreases if the carriage surfaces 4 and 5, parallel to the axis of the contact network (Pic. 1), are made in the form of two cylindrical surfaces connected between each other and caved-in regarding the carriage. The centers of the radii of the surfaces are located in a plane passing through the base of the carriage.

When modeling the electric fields of a carriage of an insulating removable tower for an overhead line on electrically conductive paper, it was found that the following ratios of the geometric dimensions of the carriage are optimal:  $\alpha_1/\alpha_2 = 0,85-0,95$ ;  $r_1/H = 1,9-2,0$ ;  $r_2/H = 2,0-2,6$ . If we take  $H = 95$  cm, then  $r_1 = 1800-1900$  mm;  $r_2 = 2370-2470$  mm;  $\alpha_1 = 13-15^\circ$ ;



**Pic. 1. The carriage of the isolating removable tower contact network:**  
 1 – metal frame; 2 – mesh fencing; 3 – metal base;  
 4 – cylindrical surface; 5 – generatrix, parallel to the axis of the contact network;  
 6 – axis parallel to the contact network; 7 – contact network.

$\alpha_2 = 12-13^\circ$ , where  $H$  is the height of the carriage,  $\alpha_1$  is the central angle of the arc of the surface 4,  $\alpha_2$  is the central angle of the arc of the surface 5,  $r_1$  is the radius of the concave surface 4,  $r_2$  is the radius of the concave surface 5.

It is in the presence of these characteristics that the total intensity of the electric field of the carriage and the electric field of the overhead line decreases to  $40^\circ$  or more.

To a lesser extent, the total electric field strength at the intersection of high voltage lines decreases, because the carriage must be galvanically connected to the overhead line, which is unacceptable to significantly reduce the modulus of the vector  $E_{car.} + E_{c.n.} + E_{o.l.}$ .

While omitting the testing, we note that shunting rods have an undoubted benefit for the staff, one of the variants of such a rod developed at the University of Transport is shown in Pic. 3.

#### Fire compartments

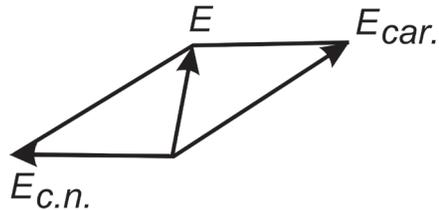
For the construction of buildings of the power supply facilities or of sections of the overhead line, the most important requirement is the need to divide them into fire compartments [6, pp. 8–33; 7, pp. 77–84]. Here an individual approach is needed, which leads to development and use of proper calculation methodology.

The division of the above mentioned buildings into fire compartments helps to limit the spread of fire beyond its seat. Most importantly, with fragmentation of working areas, formation of a fire protection system begins, and this task is realized in conjunction with planning, design and engineering design solutions.

One of the most significant criteria when choosing the maximum allowable fire compartment area is to take into account the tactical and technical capabilities of the fire and rescue units serving the territory.

The decision making algorithm for dividing the building into fire compartments in accordance with the existing system of technical regulation is focused primarily on compliance with the requirements of regulatory documents.

Considering the practices, engineering solutions are substantiated mostly by calculations. However,



**Pic. 2. Picture of the electric field strength in the area where the employees are located when working on the tower and being under the influence of the voltage:**  
 $E_{c.n.}$  – vector of the electric field of the contact network;  
 $E_{car.}$  – vector of the electric field of the carriage;  $E$  – the total vector of the electric field strength.

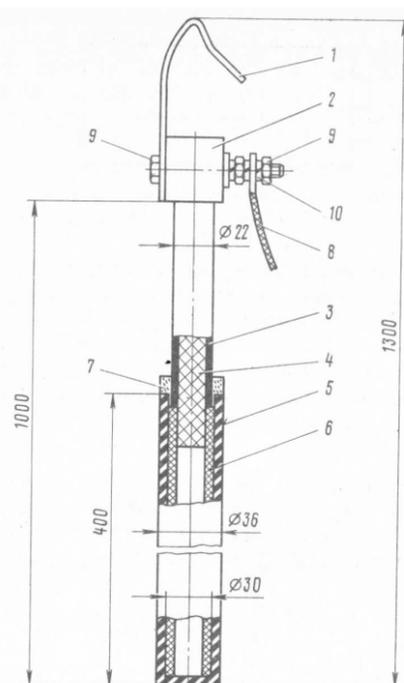
historically, for a number of reasons, fire-fighting solutions, including the design of fire compartments, are based primarily on regulations. This is natural because, as an integral part of the construction process, design requires minimal analysis and less time spent on preparing design solutions.

It is clear that the prescriptive rules may have their drawbacks. In particular, situations are possible when two buildings, designed according to the same standards and having the same class of functional fire hazard, will have different levels of safety for people and property in case of fire.

The designer often meets a challenge: on the one hand, one must obey the requirements of the standards, and on the other hand, the functional needs of the building customer must be met. Often questions arise regarding the binding of certain regulatory requirements to the specific features of the designed building. Prescriptive rules may be too conservative and therefore unreasonably expensive to be implemented. It is not by chance that sometimes they are «replaced» by generalized practices and compromise mutual agreements without serious engineering study [8–11].

For dividing the buildings of a power supply facility or of a catenary power feeding section into fire compartments, fire walls and ceilings of the 1<sup>st</sup> type





**Pic. 3. Shunt shaft of a removable tower:**  
 1 – copper hook; 2 – tip; 3 – PTFE tube; 4 – fiberglass rod; 5 – rubber coating; 6 – fiberglass tube;  
 7 – sealing ring; 8 – flexible copper wire; 9, 10 – fasteners.

are used. Fire resistance limits for them are set out in Table 23 of the Technical Regulations on Fire Safety Requirements [6] as no less than REI 150. The constructive fire hazard class of fire barriers is independent of the energy hazard class of a section of overhead line facility.

The fundamental difference between a building structure used as a fire barrier and a building structure with a standardized fire resistance is the requirement for appropriate filling of apertures in the barrier.

When dividing buildings and structures into compartments, one should comply with the regulations aimed at non-proliferation of fire, bypassing fire prevention obstacles.

Fire walls should be erected to the entire height of the building or up to fire ceilings of the 1<sup>st</sup> type and must ensure that fire does not enter the adjacent fire compartment, including during unilateral collapse of structures from the side of a source of fire.

The places of conjugation of fire-prevention walls, ceilings and partitions with other protecting structures of the fire compartment should have a fire resistance limit of no less than each other.

Fire safety of the object of protection is considered to be provided if the object fully complies with the regulations adopted in accordance with the Federal Law «On Technical Regulation» (dated 27.12.2002 No. 184-FZ), and the fire risk does not exceed permissible values. Proof of this is either compliance with regulatory documents on fire safety, or calculation of fire risks with the mandatory compliance in any case with the requirements of technical regulations.

Hence the task is to consider the possibilities provided by the calculation of individual fire risk to justify the size of fire compartments.

### Fire risk calculation

The calculation procedure is established by the order of the Emergency Situations Ministry of June 30, 2009 No. 382 «On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and structures of various classes of functional fire hazard» and by the Order of the Emergency Situations Ministry of July 10, 2009 No. 404 «On approval methods for determining the calculated values of fire risk at production facilities» [8, 12].

Calculations for fire risk assessment are carried out by comparing the presented data with standard values. The identification of the calculated risk values is carried out on the basis of:

- analysis of the fire hazard of buildings;
- frequency of fire situations;
- construction of matrix of fire hazard factors for various scenarios of its development;
- assessing the effects of fire hazards on people;
- availability of fire safety systems for buildings.

The numerical expression of an individual fire risk is the frequency of exposure to fire hazards (FH) of a person in a building.

The frequency of exposure to FH is determined for a fire-hazardous situation, which is characterized by the greatest danger to life and health of people in the building.

An individual fire risk meets the required one, if:

$$Q_v \leq Q_v^s, \quad (1)$$

where  $Q_v^s$  – standard value of individual fire risk,

$$Q_v^s = 10^{-6} \text{ year}^{-1};$$

$Q_v$  – calculated value of individual fire risk.

Calculated value  $Q_v$  in each task is calculated according to the formula:

$$Q_v = Q_i \cdot (1 - R_{af}) \cdot P_{pr} \cdot (1 - P_e) \cdot (1 - P_{f.p.}), \quad (2)$$

where  $Q_i$  – frequency of fire in the building during the year, is determined using statistical data;

$R_{af}$  – probability of effective response of automatic fire extinguishing installations (AFEI). The value of the parameter  $R_{af}$  is determined by the technical reliability of AFEI elements. If there are no automatic fire extinguishing systems in the building,  $R_{af}$  is assumed to be zero;

$P_{pr}$  – probability of presence of people in the building, determined from the ratio  $P_{pr} = t_{funct}/24$ , where  $t_{funct}$  – time spent by people in the building in hours;

$P_e$  – probability of evacuation of people;

$P_{f.p.}$  – probability of effective operation of the fire protection system, aimed at ensuring safe evacuation of people in case of fire.

The probability  $P_{fp}$  is calculated by the formula:

$$P_{FP} = 1 - (1 - R_{upd} \cdot R_{SOU E}) \cdot (1 - R_{upd} \cdot R_{SP}), \quad (3)$$

where  $R_{upd}$  – probability of effective response of the fire alarm system;

$R_{SOU E}$  – conditional probability of an effective response of the fire alarm system and the evacuation control of people in the event of an effective fire alarm system;

$R_{SP}$  – conditional probability of effective operation of the smoke protection system in the case of an effective fire alarm system.

As can be seen from the above formulas, the method for calculating fire risk does not contain indicators depending on the area of the fire compartment or its height. The safety of people is ensured by the proper arrangement of escape routes and technical fire protection systems. The dimensions of the fire compartments have only an indirect effect on security decisions.

And here there are two serious moments associated with the existing methods.

First: the calculation of fire risk, made in accordance with the methodology, cannot be a basis for justifying non-compliance with the provisions of regulatory documents.

The second point: the provisions of the Federal Law «Technical Regulations on Fire Safety Requirements» dated July 22, 2008 No. 123-FZ (as amended on 27.07.2017), in particular, Art. 87 that «the degree of fire resistance of buildings, structures and fire compartments should be set depending on their number of floors, functional fire hazard class, fire compartment area and fire hazard of the technological processes occurring in them» should be taken into account at the design stage. If the requirements of the regulatory documents for the fire compartment area are not fulfilled, naturally, the requirements of the federal law that the fire resistance level must correspond to the fire compartment area are not met.

**Conclusions.** In the course of the research, an assessment was made of labour safety situation at the power supply and feeding facilities of electrified lines of railways, and besides:

a) the removable insulating tower carriage and shunt rod developed at Russian University of Transport were presented;

b) it was established that the calculation of an individual fire risk cannot be used as a necessary and sufficient basis for substantiating the size of fire compartments.

## REFERENCES

1. Chekulaev, V. E. [et al]. Arrangement and maintenance of the contact network: Study guide [Ustroistvo i tekhnicheskoe obsluzhivanie kontaktnoi seti: Ucheb. posobie]. Ed. by A. A. Fedotov. Moscow, Training and Methodological Center for Education on Railway Transport, 2014, 436 p.

2. Borts, Yu. V., Chekulaev, V. E. Contact network [Kontaktnaya set']. Moscow, Transport publ., 1981, 223 p.

3. Ponomarev, V. M., Dontsov, S. A. Forecasting of innovations and work safety. *World of Transport and Transportation*, Vol. 10, 2012, Iss. 4, pp. 142–145.

4. Zhukov, V. I., Ponomarev, V. M., Rakhmanov, B. N. Safety of Labour for Railway Transport: Textbook for Universities [Bezopasnost' truda na zheleznodorozhnom transporte: Uchebnik dlya vuzov]. Moscow, MIIT publ., 2011, 731 p.

5. Kosarev, B. I., Kruchinin, E. V., Lukyanov, A. M. [et al]. Carriage of an isolating removable tower of a contact network [Karetkha izoliruyushchei vyshki kontaktnoi seti]. Bulletin of inventions, 1989, No. 3. V60 M 1/28, No. 1452725. Application No. 4305799 dated July 09, 1987, VNIPI.

6. Pronin, D. G., Korolchenko, D. A. Division of buildings into fire compartments [Delenie zdaniy na pozharnye oteki]. Moscow, Pozhnauka publ., 2014, 40 p.

7. Pope, R. Lessons from Madrid. *New Steel Construction*, 2006, Vol. 14 (3), pp. 26–28.

8. Polandov, Iu., Korolchenko, D. The consideration of the turbulence influence on the gas explosion expansion in non-closed areas. *MATEC Web of Conferences*, 2017, Vol. 106, Art. 01040, 8 p., DOI: 10.1051/mateconf/201710601040.

9. Kholshchevnikov, V., Korolchenko, D., Zosimova, O. Efficiency evaluation criteria of communication paths structure in a complex of buildings of maternity and child-care institutions. *MATEC Web of Conferences*, 2017, Vol. 106, Art. 01037, 11 p., DOI: 10.1051/mateconf/201710601037.

10. Korolchenko D., Pizhurin A. Simulating operational control of production in lumber house building businesses. *MATEC Web of Conferences*, 2017, Vol. 117, Art. 00084, 7 p., DOI: 10.1051/mateconf/201711700084.

11. Korolchenko, D. A., Cherkina, V. M., Evich, A. A. Efficiency of use of silica fabric in fire curtains [Effektivnost primeneniya kremnezemnoi tkani v protivopozharnykh shtorakh]. *News of universities. Technology textile industry*, 2017, Iss. 4, pp. 107–111.

12. Korolchenko, D. A., Kholshchevnikov, V. V. Differentiation of the concept of a systematic approach to the analysis of the urban environment [Differentsiatsiya kontseptsii sistemnogo podkhoda k analizu gorodskoi sredy]. *Pozharovzryvbezopasnost'*, 2015, Iss. 7, pp. 44–51. ●

Information about the authors:

**Lukyanov, Anatoly M.** – D.Sc. (Eng), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, (495) 684–24–70.

**Korolchenko, Dmitry A.** – Ph.D. (Eng), associate professor of the department of Complex safety of Moscow State (National Research) University of Civil Engineering, Moscow, Russia, (495) 287–49–19.

**Lukyanova, Anna A.** – engineer, assistant lecturer of Russian University of Transport, Moscow, Russia, mikeskywalker@mail.ru.

Article received 19.09.2018, accepted 20.02.2019.





## АССАМБЛЕЯ МСА 2019 ГОДА

3 апреля 2019 года в ходе ежегодной Генеральной Ассамблеи Международного совета аэропортов (МСА) в Гонконге Генеральный секретарь ИКАО д-р Фан Лю высоко оценила многочисленные преимущества с точки зрения затрат и эффективности, возникающие благодаря тесному сотрудничеству между ИКАО и МСА, и обсудила с руководителями международных аэропортов ряд передовых достижений, изучаемых в настоящее время этим специализированным учреждением ООН по вопросам авиации.

«Идёт ли речь о более широком использовании дронов или росте коммерческих космических перевозок, ИКАО признательна МСА, правительствам и другим заинтересованным сторонам в сфере воздушного транспорта за их активное участие в работе по прогнозированию и устранению пробелов, которые могут ограничить будущее развитие воздушного транспорта и инноваций», — подчеркнула д-р Лю.

Отметив общеотраслевую тенденцию ко всё более активному применению цифровых технологий, д-р Лю подчеркнула, что ИКАО необходимо постоянно быть лидером этого процесса с тем, чтобы выполнять возложенные на неё как на устанавливающую стандарты организацию функции предвосхищать инновации в авиации и содействовать их внедрению.

«Таким образом, в рамках этой цифровой революции наша основная цель заключается в том, чтобы разработать единые практические решения глобального характера для различных задач на местном уровне», — заявила д-р Лю, отметив необходимость быстрого и эффективного решения этих задач с учётом ключевых факторов, в частности прогнозируемых стремительных темпов глобального роста объёмов воздушных перевозок и пассажиропотока, а также возрастающих киберугроз, обусловленных усиливающейся зависимостью авиации от цифровой автоматизации.

Д-р Лю подчеркнула, что вместо того, чтобы устанавливать слишком строгие правила и тем самым ограничивать развитие инноваций, ИКАО следует содействовать внедре-

нию цифровых технологий в секторе воздушного транспорта путём создания «комплексной отраслевой архитектуры, которая обеспечит надёжную основу для устойчивой цифровой интероперабельности воздушного транспорта».

«В настоящее время эта надёжность обеспечивается сертификатами подлинности, и поэтому перед ИКАО стоит более конкретная задача обеспечить единообразие процесса сертификации в целях защиты множества существующих в нашей сети потоков информации», — добавила она.

Она напомнила присутствующим руководителям аэропортов, что ранее в этом году ИКАО уже предприняла первые шаги в этом направлении, подписав новый Меморандум о взаимопонимании с интернет-корпорацией по присвоению имён и номеров, более известной как ICANN, на основе которого эти два учреждения будут разрабатывать функциональный механизм доверия в целях обеспечения безопасности цифровых систем авиационной связи.

«Отрадно также, что разработанный ИКАО Глобальный план обеспечения авиационной безопасности способствует повышению уровня глобальной координации действий по обеспечению кибербезопасности и решению других приоритетных задач, стоящих перед авиацией в данный момент».

В ходе своего визита в Гонконг д-р Лю также выступила на четвёртой Конференции стран Шёлкового пути по вопросам авиации, подчеркнув, что нынешние цели китайской программы «Один пояс — один путь» служат весьма полезной стратегической основой для взаимодействия с развивающимися государствами в области реализации преимуществ воздушных перевозок и расширения их деятельности по достижению 17 целей Организации Объединённых Наций в области устойчивого развития.

Информация сайта ИКАО: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/RU/ICAO-Secretary-General-highlights-future-aviation-challenges-at-2019-ACI-World-Assembly> ●

## ACI WORLD ASSEMBLY 2019

**Praising on April 3, 2019 many cost and efficiency benefits realized through the close cooperation in place between ICAO and the Airports Council International (ACI), ICAO Secretary General Dr. Fang Liu discussed a range of leading edge developments the UN aviation agency is now exploring when speaking to world airport leaders at the ACI World Annual General Assembly in Hong Kong.**

«Whether we're focused on the increasing prevalence of drone operations or commercial space transport, ICAO has been grateful for the proactive inputs from ACI, governments, and other air transport stakeholders as we seek to anticipate and close the gaps that might constrain future air transport growth and innovation», Dr. Liu emphasized.

Remarking on the sector-wide trend toward increasing digitalization, Dr. Liu stressed that ICAO must constantly work to be at the leading edge of these developments, because as a standards-setting body it is beholden upon it to anticipate and facilitate aviation innovations.

«A key challenge this digital revolution poses for us, therefore, is how to find convergent global solutions which can practically apply to divergent local challenges and developments», Dr. Liu said, noting that key drivers such as the exponential growth now being forecast for global flight and passenger volumes, and increased cybersecurity risks due to aviation's increasing reliance on digital automation, were key to why aviation must be rapid and effective when responding to these challenges.

Dr. Liu stressed that ICAO's role isn't to be overly prescriptive and therefore to restrict innovation, but rather to approach the

challenges of a digitized air transport sector by establishing «a comprehensive sectoral architecture which will provide a secure core foundation for sustainable air transport digital interoperability».

«Currently this security is realized through certificated identities, and so ICAO's more specific challenge is to harmonize the certification process in order to safeguard the myriad information streams now present in our network», she added.

She recalled to the gathered airport leaders that ICAO had already taken the first steps in this direction earlier this year, when she signed a new Memorandum of Understanding with the Internet Corporation for Assigned Names and Numbers, better known as ICANN, which will see the two agencies exploring how to establish a functional trust bridge to secure aviation's digital communications.

«And I have also been encouraged by how ICAO's Global Aviation Security Plan is helping to deliver a more effective level of global coordination around these cybersecurity and other priorities for aviation today».

While in Hong Kong, Dr. Liu also had an opportunity to provide remarks to the Fourth Aviation Silk Road Conference, where she highlighted how China's current «Belt and Road» programme objectives were serving as a very helpful strategic platform from which to engage developing States on the benefits of air connectivity and their wider aspirations to achieve the United Nations 17 Sustainable Development Goals.

ICAO Web-site news: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/ICAO-Secretary-General-highlights-future-aviation-challenges-at-2019-ACI-World-Assembly-.aspx> ●

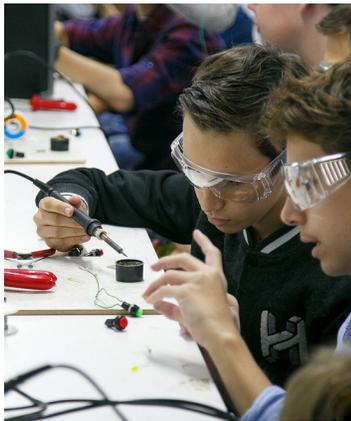
# T

## **МОБИЛЬНОСТЬ В ВУЗЕ 242**

*Гарантий равных возможностей обучения в высшем образовании должно быть больше.*

## **ШКОЛА–ВУЗ 254**

*Золотой запас:  
математика на всю жизнь.*



## **УЧЕБНЫЙ ПРЕДМЕТ И/ИЛИ НАУКА? 260**

*История транспорта: изучая его генезис, границы влияния и эволюцию.*

**ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ • HRM, EDUCATION & TRAINING**

## **MOBILITY AT THE UNIVERSITY 242**

*Guarantees of equal possibilities within higher education should be also higher.*

## **SCHOOL – UNIVERSITY 254**

*Mathematics as a lifelong golden reserve.*

## **AN EDUCATIONAL SUBJECT AND/OR THE SCIENCE? 260**

*History of transport: studying genesis, borders of influence and evolution of the transport.*





УДК 364.672; 378.147; 304.444

# Проблемы получения высшего образования людьми с ограниченными возможностями здоровья и способы их решения



Александр ТРУБАЕВ  
Alexander S. TRUBAEV

Каринэ МУРАДЯН  
Karine O. MURADIAN



*Трубаев Александр Сергеевич – кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.  
Мурадян Каринэ Ованесовна – магистрант Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

## Problems of Obtaining Higher Education by People with Disabilities and Ways to Solve Them

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 249)

**В данной статье рассмотрены трудности, возникающие у людей с ограниченными возможностями здоровья при поступлении в высшие учебные заведения России, последующем обучении в них, трудоустройстве, и способы их решения.**

**Приведены примеры из жизни реально существующих людей. Проведён сравнительный анализ ситуации в зарубежных колледжах и университетах.**

**Ключевые слова:** получение высшего образования, люди с ограниченными возможностями, социальные вопросы, иностранные учебные заведения, качество жизни граждан, доступность образования.

**Р**азвивающиеся быстрыми темпами во всех сферах жизни технологии, реализация которых обеспечивается высоким уровнем знаний тех, кто над ними работает, подразумевают наличие у людей качественного образования. На сегодняшний день высшее образование стало намного доступнее, чем это было десятилетия назад. Несмотря на большое число обучающихся в образовательных организациях высшего образования (высшие учебные заведения, далее – вузы), сохраняется проблема доступности образования для людей с ограниченными возможностями здоровья.

По данным результатов комплексного всероссийского мониторинга высшего образования для инвалидов и лиц с ОВЗ (ограниченными возможностями здоровья), который был проведён исследовательским центром «Особое мнение» совместно с Общественной палатой РФ [1], количество обучающихся в вузах инвалидов составляет 0,38 % от общего числа студентов [2, с. 2]. Согласно сведениям Росстата (Федеральная служба государственной статистики) за 2015/2016 гг., эта цифра означает, что только 3,07 % от общего чис-



ла инвалидов в возрасте от 18 до 30 лет получили возможность стать студентами.

При этом имеется достаточная законодательная и нормативно-правовая база, создающая широкий комплекс гарантий. Инвалиды с детства, дети-инвалиды, инвалиды I и II групп, инвалиды, получившие данный статус во время прохождения военной службы, а также несколько других групп, не перечисленных в данной статье, имеют преимущественное право зачисления в высшее учебное заведение в пределах особой квоты при отсутствии противопоказаний медико-социальной экспертизы (далее – МСЭ) для обучения в соответствующих образовательных организациях [3, с. 14].

Однако, несмотря на, казалось бы, благоприятные условия для людей, которым необходима социальная поддержка, прохождение медико-социальной экспертизы и получение разрешения на обучение представляют из себя огромную проблему, на что указывал, в частности, председатель Комиссии Общественной палаты РФ (далее ОП РФ) по социальной политике, трудовым отношениям и качеству жизни Владимир Слепак [4].

При прохождении МСЭ окончившие школу дети сталкиваются с рядом препятствий со стороны сотрудников организации, как при стандартном переосвидетельствовании инвалидности, так и при получении разрешения на обучение в выбранном вузе.

В качестве одного из примеров приведём случай, произошедший несколько лет назад в Московской области, в части получения льготы на поступление в технический вуз Москвы на математические, физические или механические направления обучения слабовидящего ребёнка, успешно окончившего обучение в средней общеобразовательной школе (не специализированной и не коррекционной) по программе с математическим уклоном. Наличие призового места в областной школьной олимпиаде по математике также подтверждало склонность ребёнка к техническим дисциплинам. Несмотря на все аргументы ребёнка и родителей, сотрудники отказывались верить в возможность обучения человека с подобными физическими заболеваниями.

В документе для представления в вуз в конечном счёте написали «рекомендованы гуманитарные вузы», не принимая во внимание тот факт, что при изучении гуманитарных дисциплин также имеется нагрузка на здоровье, особенно если дело касается книг. Официально написанная в итоге фраза не означала строгого запрета, но создавала существенные проблемы для поступающего в части получения социальной поддержки при поступлении.

По нашему мнению, человек вправе самостоятельно решать, какую программу он способен освоить, а также брать ответственность за дальнейшее состояние своего здоровья. Отказ в помощи при получении образования, к которому стремится человек, также означает препятствие в создании успешного будущего: без нужного образования вероятность найти стабильную, хорошо оплачиваемую работу, которая позволила бы не только выживать, но и жить, имея при этом возможность поддерживать своё здоровье и не позволять ему ухудшаться, в реалиях современного мира сводится к минимуму. Если инвалид сумел успешно завершить школу на равных условиях со здоровыми людьми, создание преград хотя бы для попытки обучаться в вузе не всегда обоснованно.

Следует отметить также тенденцию, при которой порой инвалиды даже с неизлечимыми заболеваниями вынуждены проходить ежегодное переосвидетельствование, представляющее из себя долгие, времязатратные и создающие стресс процедуры.

Слабовидящий человек может писать достойные внимания картины; слепой человек способен стать композитором, музыкантом, политиком, писать книги, используя язык Брайля, пойти в науку или создавать скульптуры, полагаясь на своё осязание; глухие или слабослышащие, помимо всего прочего, также способны писать музыку, если когда-то имели слух и способны перенести композицию на нотный стан. Парализованные люди способны заниматься научной деятельностью, учиться, создавать что-то новое или работать с уже имеющимися технологиями.

Что касается этапа поступления, то на основе комплексного всероссийского мониторинга высшего профессионального образования для инвалидов и лиц с ОВЗ





Диаграмма 1. Распределение студентов инвалидов по нозологиям согласно официальным запросам, %.

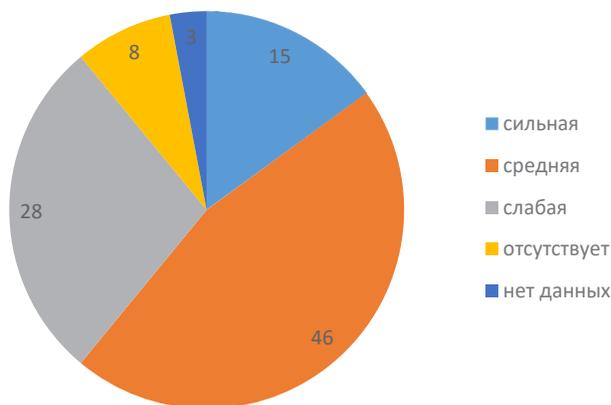


Диаграмма 2. Развитость «доступной среды» в вузах согласно официальным запросам, %.

были выделены факторы, осложняющие поступление в вузы [2, с. 9]:

1. Сложности, связанные с поиском, а также получением необходимой для поступления информации.

2. Недостаточный уровень информированности сотрудников приёмных комиссий о порядке поступления и обучения людей с ограниченными возможностями здоровья.

3. Отсутствие в отечественных вузах специалистов, выделенных для взаимодействия с инвалидами.

4. Трудности по дороге в вуз, возникающие в первую очередь у маломобильных, слабовидящих и слепых граждан. Самостоятельное передвижение с использованием общественного транспорта опасно и затруднительно, система социальных такси не является универсально доступной.

5. Отсутствие выделенных специалистов, волонтеров, указателей для ориентирования и неразвитая доступная среда

ограничивают активное перемещение внутри вуза в процессе подачи документов.

По результатам официальных ответов 165 государственных вузов на запросы во время мониторинга, студенты-инвалиды распределяются по нозологиям [2, с. 10–11], приведённым на диаграмме 1.

Для реализации успешного обучения данных групп людей, в университетах подразумевается наличие не только подготовленной для этого среды, но и безопасного, беспрепятственного пути до места учёбы.

На интерактивном семинаре «Школа молодых лидеров с ограниченными возможностями. Проектная деятельность», состоявшемся в Москве 30 октября 2017 года, также подтвердилась остро стоящая проблема мобильности инвалидов-колясочников, не имеющих возможности добираться не только до мест учёбы, но и других объектов городской инфраструктуры, доступ к которым необходим для минимально комфортной жизни, ввиду не

езде нормально работающей системы социального такси, неприспособленности общественного транспорта. Отсутствие собственного автомобиля также лишает возможности передвигаться в городе или за его пределами при необходимости.

Типична ситуация, в которой оказалась молодая девушка-студентка во время обучения в университете: добраться до места учёбы было крайне тяжело. На коляске было невозможно спуститься вниз по узкой лестнице дома старого типа без лифта, отсутствие ассистентов или социальных работников вынуждало человека каждый день обращаться к посторонним людям в социальных сетях посредством интернета за помощью. Помимо физических трудностей, на фоне всех препятствий очевидно возникновение высокого уровня стресса.

Следует отметить, что в настоящее время российские университеты оказывают поддержку инвалидам и нуждающимся в материальной помощи людям путём дополнительных денежных выплат во время учебного семестра, также назначается ежемесячная социальная стипендия.

В государственных вузах создание доступной среды для студентов-инвалидов, в первую очередь, должно исходить от государства в виде обеспечения свободного передвижения маломобильных граждан как минимум на территории университетов, закупки необходимого специального оборудования для аудиторий, создания действующих специализированных отделов по работе не только со студентами, но и сотрудниками, имеющими ограниченные возможности здоровья. При этом необходим грамотный контроль распределения средств, полученных в результате финансирования со стороны государства, фондов и других организаций.

Обеспечить помощь при возникновении организационных вопросов, при ущемлении прав инвалида, дискриминации, либо же при ограниченном доступе к информации во время обучения может обеспечить внедрение такой практики как назначение координатора/ассистента.

Отсутствие пандусов у входа в корпуса многих университетов препятствует свободному передвижению инвалидов-коля-

сочников. Отсутствие лифтов внутри зданий, либо лифты, не позволяющие ввиду своих габаритов вместить человека на коляске, также являются преградой.

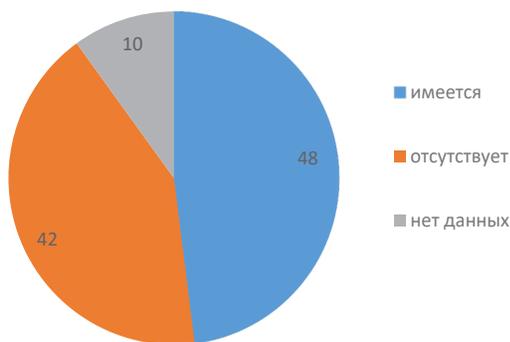
Организация современных аудиторий, в частности лекционных классов с многоуровневым полом, не всегда подразумевает под собой возможность перемещения стола или скамьи ввиду невозможности их отделения от общей конструкции. Перемещение с коляски на скамью и обратно может также вызывать трудности и неудобства, поэтому одним из вариантов решения может быть добавление одного стола, к которому инвалид-колясочник смог бы подъехать и с комфортом воспринимать новый материал. То же касается и добавления дополнительного стола и стула слабовидящим людям ближе к доске/дисплею проектора. Студенты, имеющие заболевания слухового аппарата, также нуждаются в размещении ближе к лектору или к динамикам. Такое несущественное действие, как установка дополнительного стола, является на самом деле значительной поддержкой тем, кто в ней нуждается.

Также возможно усовершенствование демонстрационных лекций с использованием проекторов, подключённых к компьютеру, для обеспечения доступа к информации слабовидящим студентам. Для этого путём несложных действий к стоящему на столе студента компьютеру можно подключить программу удалённого доступа и создать связь между компьютером, находящимся у студента, и компьютером, с которого ведётся демонстрация.

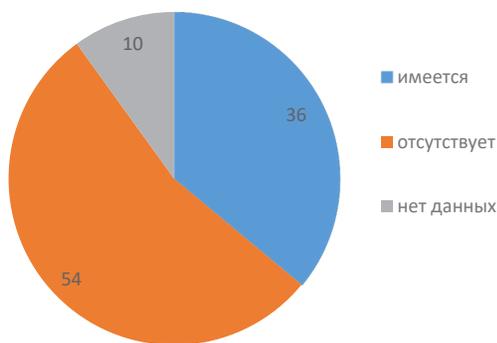
Для обеспечения лучшей видимости не только доски, но и каких-либо экспериментов, наглядных демонстраций, может быть установлен штатив с камерой, подключённой к стационарному компьютеру или ноутбуку посредством USB удлинителя и передающей увеличенное изображение на экран монитора.

Нехватка актуальной тематической литературы в библиотеках отечественных вузов также затрудняет процесс обучения. Прожившие долгий век учебники, нуждающиеся в переиздании, не всегда возможно воспринимать должным образом ввиду слишком мелкого шрифта.





**Диаграмма 3. Наличие в вузах специальной техники для обучения инвалидов и лиц с ОВЗ согласно официальным запросам, %.**



**Диаграмма 4. Наличие в вузах медицинского сопровождения инвалидов и лиц с ОВЗ согласно официальным запросам, %.**

Помимо всего прочего, от преподавательских составов и руководства университетов с каждым годом требуется всё больший и больший объём бумажных отчётов и документации, работа над которыми отнимает то бесценное время, которое могло быть использовано для обновления методических материалов, конспектов лекций, совершенствования учебных программ. Не выделяется достаточное количество секретарей для решения вопросов, связанных с деловыми бумагами. В связи с этим на плечи преподавателей ложится внушительное количество задач, требующих не только своевременного решения, но и довольно много времени, что порой вынуждает людей нагружать себя сверхурочной работой.

Обсуждая варианты развития доступной среды в вузах для инвалидов, следует помнить, что то, что помогает одним, способно навредить другим. Так, бегущая строка

для лишённых слуха людей может вызвать приступ у людей, страдающих эпилепсией. В связи с этим необходимо принимать во внимание сразу всю аудиторию слушателей, которые будут присутствовать на лекции или семинаре, и учитывать их состояние здоровья. Подача материала играет огромную роль в процессе обучения.

Сравнивая ситуацию с доступностью образования для инвалидов за рубежом, можно указать, что, например, в Великобритании действия, дискриминирующие поступление человека в колледж/университет/на работу запрещены на основании закона о равенстве (Equality Act 2010). Этот закон гласит, что работодатель или поставщик образования не могут препятствовать человеку получить работу либо учиться на каком-либо направлении подготовки потому, что он инвалид. Они не могут отказать в приёме из-за того, что не хотят вносить корректировки или изменения в привычный процесс обучения/работы [5].

Студентам с ограниченными возможностями здоровья в Великобритании предоставляется возможность внести изменения в процесс обучения, в которых они нуждаются. Ниже представлены некоторые примеры [6].

*Общие меры, не относящиеся к какой-либо определённой нозологии:*

- поддержка использования учебного ресурсного центра либо библиотеки, дающая возможность более продолжительного использования учебной литературы, помощь в поиске и получении книг/статей;
- дополнительное время для завершения курсовых работ и, возможно, всего курса;
- доступ ко всем учреждениям университета и его корпусам;
- адекватная финансовая поддержка для покрытия дополнительных расходов;
- сотрудники университетов должны выступать в качестве образца для подражания для студентов в построении отношения к инвалидам, уважении и соблюдении равных возможностей;
- поддержка во время обучения;
- связь с представителем студентов-инвалидов в совете студентов.

*Меры в отношении людей, имеющих физические нарушения, нарушения опорно-двигательные*

гательного аппарата, а также людей, вынужденных передвигаться посредством коляски:

- физически доступные классы, учебные и экзаменационные помещения, туалеты, места общественного питания;
- доступное жильё, возможно, на территории студенческого городка, если студент учится вдали от дома;
- личные помощники или ассистенты, способные поддержать мобильность;
- поддержка при выполнении практической работы;
- альтернативные способы демонстрации и доказательства своего профессионализма, к примеру, путём устных ответов вместо письменных;
- работающая инвалидная коляска и наличие оборудования для её зарядки;
- вспомогательные технологии, например, компьютер, управляемый голосовыми командами;
- услуги по набору текста;
- цифровой диктофон для записи лекций или каких-либо заметок;
- парковка на территории университета.

*Меры в отношении слепых или имеющих проблемы со зрением людей:*

- ассистент, способный помочь изучить маршрут до места учёбы, проживания, кампуса;
- выделенное время для адаптации к кампусу;
- знание плана эвакуации и составление при необходимости личного плана эвакуации.
- предоставление в распоряжение или адаптация различного оборудования, позволяющего студенту-инвалиду участвовать в практических занятиях, лабораторных приборах, например, лупы с подсветкой, термометров с аудио-воспроизведением информации;
- специально выделенный человек, читающий учебную литературу или вопросы на экзаменах;
- ассистенты для записывания каких-либо пометок на лекциях, а также при подготовке к ответам на экзаменах;
- услуги печати больших форматов, крупного текста, с использованием шрифта Брайля;
- обеспечение студента материалами курса, набранными шрифтом Брайля либо

в большом формате/аудио-формате с отправкой по электронной почте, а также экзаменационными документами предпочтительного формата;

- цифровой диктофон для конспектирования лекций, создания заметок и прочих записей;
- аудио описание визуальной информации, используемой в лекциях, либо другие методы обучения;
- специальное оборудование, к примеру, компьютеры с синтезатором речи, книги, набранные шрифтом Брайля;
- возможность допуска на территорию с собакой-поводырем.
- хорошее освещение, контрастные знаки для навигации в университетском городке;
- обеспечение альтернативных процедур сдачи экзаменов.

*Меры в отношении глухих или имеющих проблемы со слухом людей:*

- помощь при общении, например, переводчик с языка жестов;
- выделенный помощник, способный записать озвученные экзаменационные вопросы;
- система индукционной петли, которая может применяться как вспомогательное устройство для передачи звука на слуховой аппарат студента;
- наличие текстофона (textphone) дома или в пределах кампуса (текстофон — устройство, имеющее клавиатуру и дисплей с бегущей строкой, способный конвертировать в текст как входящие, так и исходящие звонки);
- цифровой диктофон для записи лекций;
- наличие мигающего света или вибрирующего устройства для уведомления о пожарной тревоге.

Помимо описанных выше категорий инвалидов, осуществляется поддержка большого количества других групп студентов, имеющих проблемы со здоровьем. Также представляется помощь не только студентам-инвалидам, но и людям, имеющим заболевания, не входящие в категории инвалидности на территории Великобритании, например, людям с эпилепсией, диабетикам, людям с астмой.

Столь качественная поддержка с использованием современного оборудова-



ния, безусловно, требует значительных денежных средств. Финансирование производится со стороны различных фондов, а также путём распределения грантов. В помощь организаторам и руководителям выпускаются специальные материалы и публикации, в которых рассматриваются механизмы финансирования студентов-инвалидов.

Согласно исследованию о числе студентов-инвалидов, получавших высшее образование в Ирландии в 2015/16 году, количество студентов с ограниченными возможностями составляет 5,2 % от общего числа студентов. Данные цифры превышают результат российского исследования (0,38 % студентов-инвалидов от общего числа студентов) примерно в 14 раз. По информации за 2016/17 годы, в Ирландии число обучающихся студентов-инвалидов возросло на 12 % и составило 5,7 % от общего числа студентов [7, с. 12].

Значительную роль в поддержке инвалидов играет позитивное отношение к ним как преподавателей, так и обучающихся. Нередко люди подвергаются несправедливому отношению, сопряжённому с насмешками, со стороны своих ровесников. Что ещё хуже – подобное обращение свойственно не только студентам, но и сотрудникам образовательных и медицинских учреждений. В таких ситуациях без представителей по защите прав инвалидов крайне сложно урегулировать возникающие сложности, а человек, находящийся и без того в сложной жизненной ситуации, вынужден испытывать ежедневный стресс, вызванный нездоровой атмосферой места, в котором приходится находиться.

Лев Семёнович Понтрягин, лишённый зрения, сумел стать одним из величайших математиков XX столетия; Стивен Хокинг, английский физик-теоретик, писатель, автор научных трудов, был парализован; Андреа Бочелли, итальянский оперный певец, большую часть своей жизни лишён зрения; Луи Брайль, будучи незрячим, сумел создать рельефно-точечный шрифт для слабовидящих

и лишённых зрения людей. Все эти люди сумели добиться успеха, несмотря на состояние своего здоровья. Это лишний раз доказывает, что, будучи инвалидом, человек не лишается возможности жить, развиваться и даже достигать высот в самых разных областях, начиная от музыки и заканчивая изучением космического пространства.

Тот, кто вынужден быть инвалидом, не выносит себе приговор. Приговор ему выносит общество, закрывая глаза на проблемы миллионов людей.

Обратив внимание на трудности, с которыми ежедневно сталкивается человек, общество и государство в целом способны улучшить сложившуюся ситуацию, продолжить наметившиеся положительные тенденции, развить действенные механизмы реализации на практике большого комплекса гарантий, имеющихся в законодательстве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Общественники предлагают увеличить число вузов, куда могут поступать абитуриенты с ограниченными возможностями. Общественная палата Российской Федерации. [Электронный ресурс]: <https://www.oprf.ru/press/news/2017/newsitem/38927>. Доступ 15.11.2018.
2. Презентация: Комплексный всероссийский мониторинг доступности высшего профессионального образования для инвалидов и лиц с ОВЗ. Краткие результаты и выводы. Февраль 2017 г.
3. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 14 октября 2015 года «Об утверждении порядка приёма на обучение по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры».
4. Владимир Слепак просит передать медико-социальную экспертизу Минздраву. Общественная палата Российской Федерации. [Электронный ресурс]: <https://www.oprf.ru/press/news/2017/newsitem/38817>. Доступ 15.11.2018.
5. Disability Rights UK. Telling people you're disabled: clear and easy guide for students. [Электронный ресурс]: <https://www.disabilityrightsuk.org/telling-people-you%E2%80%99re-disabled-clear-and-easy-guide-students>. Доступ 15.11.2018.
6. Disability Rights UK. Adjustments for disabled students. [Электронный ресурс]: <https://www.disabilityrightsuk.org/adjustments-disabled-students>. Доступ 15.11.2018.
7. Numbers of Students with Disabilities Studying in Higher Education in Ireland 2016/17. – Researched by Christine Hynes. – Edited by Dara Ryder. – Published by AHEAD Educational Press. – February 2018. – 12 p. ●

Координаты авторов: **Трубаев А. С.** – [ultima@list.ru](mailto:ultima@list.ru), **Мурадян К. О.** – [muradian.karine@gmail.com](mailto:muradian.karine@gmail.com).

Статья поступила в редакцию 15.11.2018, принята к публикации 16.04.2019.

## PROBLEMS OF OBTAINING HIGHER EDUCATION BY PEOPLE WITH DISABILITIES AND WAYS TO SOLVE THEM

*Trubaev, Alexander S., Russian University of Transport, Moscow, Russia.  
Muradian, Karine O., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

This study considers the problems that people with disabilities face while entering higher education institutions in Russia, during education, and the ways how to solve them. The life examples of real people are quoted. A comparative analysis of the situation in Russian and foreign colleges and universities is provided.

*Keywords:* higher education, people with disabilities, social issues, foreign educational institutions, quality of life of citizens, accessibility of education.

**Background.** *The rapid development of technology in all the fields of human activities is ensured by high level of knowledge of those who develop the innovations. This implies the need for high quality education. Today, higher education has become much more accessible than it was decades ago. Despite the great number of students in educational institutions of higher education (higher education institutions, hereinafter – universities), the problem of accessibility of education for people with disabilities persists.*

**Objective.** *The objective of the authors is to consider various problems, which students with disabilities face in the course of obtaining higher education, and to suggest practicable solutions.*

**Methods.** *The authors use general scientific methods, comparative and statistical analysis, content and legal analysis.*

**Results.** *According to the results of the comprehensive all-Russian monitoring of higher education accessibility for people with disabilities, which was conducted by the Research Center « Special Opinion» together with the Public Chamber of the Russian Federation [1] the number of people with disabilities is 0,38 % of the total number of students [2, p. 2]. According to Rosstat (Federal State Statistics Service) data for 2015/2016, this figure means that only 3,07 % of the total number of disabled people aged 18 to 30 years have got the opportunity to become students.*

*At the same time, there is a sufficient legislative and regulatory framework that creates a wide range of guarantees. Disabled since childhood, disabled children, disabled people of groups I and II, disabled people who received this status during military service, as well as several other groups not listed in this article, have privileges to enroll in an institution of higher education according to special quotas, if there are no contraindications established by medical and social expertise office (hereinafter – MSE) for training in relevant educational organizations [3, p. 14].*

*However, despite the seemingly favorable conditions for people who need social support, passing a medical and social expertise and obtaining a permission to study is a huge problem, as indicated, in particular, by Vladimir Slepak, the chairman of the Commission of the Public Chamber of the Russian Federation (hereinafter PC RF) on social policy, labour relations and quality of life [4].*

*When passing MSE, children graduated from secondary schools face a number of obstacles on the part of employees of the office, ranging from a standard re-examination of a disability, ending with problems of issuing a permission to study at a selected university.*

The authors suggest long list of improvements and technical means that can facilitate training conditions for people with disabilities. The final conclusion is that by drawing attention to the difficulties that a disabled person faces every day, the society can improve the current situation, continue the emerging positive trends, and develop effective mechanisms for putting into practice the large range of guarantees already provided by the legislation.

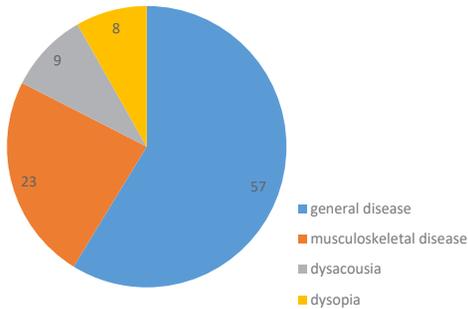
*We shall quote an example of the situation that took place several years ago in Moscow region and that concerned issuing a document certifying right to get a privilege for entering a technical university in Moscow (for mathematical, physics or mechanical fields of study) for a visually impaired child who had successfully graduated from secondary school (common, non-specialized and non-corrective school) with the diploma in mathematically-focused program. The fact that he had won prizes of the regional school mathematics competition also confirmed the inclination of the child to technical disciplines. In spite of all the arguments of the child and the parents, the MSE staff refused to believe in the possibility of future training of a person with such physical diseases. In the document, that was to be produced at the university, they ultimately wrote recommendation: «humanities universities recommended», without considering the fact that studying humanities means also a load on health, especially when it comes to books. The formally written phrase did not mean a strict ban to enter, but created significant problems for the applicant in terms of receiving social support at admission.*

*In our opinion, a person has the right to independently decide which program he is able to master, as well as to take responsibility for the further state of his health. Refusal to help with education, to which one aspires, also means an obstacle to creating a successful future: without the necessary education, the probability of finding a stable, well-paid job that would allow not only to survive, but also to live, while being able to maintain one's health and not to allow it to deteriorate, in the realities of the modern world is reduced to a minimum. If a disabled person has managed to successfully complete school education on equal terms with healthy people, creation of barriers, at least for trying to study at a university, is not always justified.*

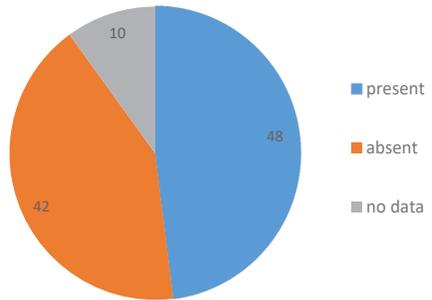
*It is also worth noting the trend that sometimes people with disabilities, even those with incurable diseases, have to undergo an annual re-examination, which is a long, time-consuming and stressful procedure.*

*A visually impaired person can draw interesting pictures; a blind person is able to become a composer, musician, politician, write books using Braille system, go into science or create sculptures, relying on his touch; deaf or hearing impaired, among other things, are also able to write music if they once had a hearing and are able to transfer the composition to a musical staff. Paralyzed people are able to engage in scientific activities, learn, create something new or work with existing technologies.*

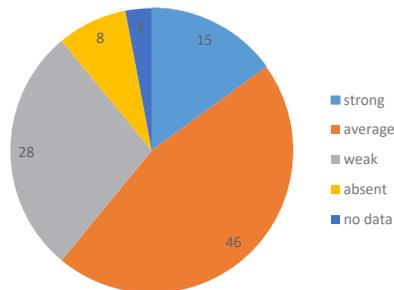




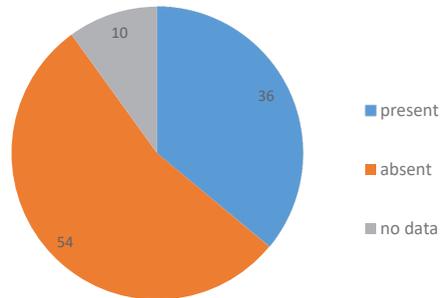
**Pic. 1. Distribution of students with disabilities according to the nosologies, compiled from the responses to the official inquiries, %.**



**Pic. 3. Availability of special equipment for teaching people with disabilities in universities according to official inquiries, %.**



**Pic. 2. Development of «accessible environment» in universities according to official inquiries, %.**



**Pic. 4. Availability of medical support for people with disabilities in universities according to official inquiries, %.**

With regard to the stage of matriculation, on the basis of a comprehensive all-Russian monitoring of higher professional education for people with disabilities factors complicating matriculation to universities were identified [2, p. 9]:

1. Difficulties associated with the search, as well as obtaining the necessary information for matriculation.
2. Insufficient level of awareness of the staff of matriculation committees on the procedure for matriculation and training of people with disabilities.
3. The lack of specialists in domestic universities assigned to interacting with people with disabilities.
4. Difficulties on the way to the university, arising primarily among people with limited mobility, visually impaired and blind citizens. Self-movement using public transport is dangerous and difficult, the social taxi system is not universally available.
5. The lack of dedicated specialists, volunteers, orientation signs and an undeveloped accessible environment limit active movement within the university during the application process.

According to the results of the official responses of 165 state universities to inquiries during the monitoring, students with disabilities are distributed according to the nosologies as shown in Pic. 1 [2, pp. 10–11].

To implement successful training of these groups of people, the universities are supposed to have a specially arranged environment, but also a safe, unhindered path to the place of study.

At the interactive seminar «School of young leaders with disabilities. The project activity», which took place in Moscow on October 30, 2017, the acute problem of mobility of wheelchair users who are not able to travel not only to places of study, but also to other urban infrastructure facilities, access to which is necessary for a minimally comfortable life, because of problems with social taxi system and because of only fragmented

accessibility of public transport, was also confirmed. Lack of own car also makes it impossible to move in or outside the city if necessary.

A typical situation in which a young student girl found herself while studying at a university: getting to her place of study was extremely difficult. Using the wheelchair it was impossible to descend down the narrow stairs of an old type apartment building without an elevator; the lack of assistants or social workers forced a person to turn to outsiders on the social networks via the Internet every day for help. In addition to physical difficulties, a high level of stress evidently manifests itself against the background of all obstacles.

It should be noted that at present, Russian universities support people with disabilities and people in need of material assistance through additional cash payments during the academic semester, and a monthly social scholarship is also awarded.

In public universities, creation of an accessible environment for disabled students, first of all, should come from the state in the form of ensuring free movement of disabled people at least on the university's territory, purchasing necessary special equipment for audiences, creating active specialized departments for interaction not only with students, but also with employees with limited health abilities. At the same time, there is a need for competent control over the distribution of funds received as a result of financing from the state, foundations and other organizations.

Providing assistance in case of organizational issues, in the event of infringement of the rights of a disabled person, discrimination, or of limited access to information during training can be ensured through implementation of such practices as appointment of a coordinator/an assistant.

The lack of ramps at the entrance to the buildings of many universities hinders free movement of wheelchair



users. Lack of elevators inside buildings, or elevators that do not allow, due to their size, to accommodate a person in a wheelchair, are also an obstacle.

The organization of modern classrooms, in particular lecture classes with a multi-level floor, does not always imply the possibility of moving a table or bench due to impossibility of separating them from the overall structure. Moving from a wheelchair to a bench and back can also cause difficulties and inconvenience, so one solution could be to add a single table to which a wheelchair user would be able to drive up and perceive the new material with comfort. The same applies to adding an additional table and a chair for visually impaired people closer to the board/display of the projector. Students with hearing diseases also need to change their location by seating closer to the lecturer or to the speakers. Such a small action as adding an additional table provides significant support to those who need it, due to the fact that people do not always receive even the smallest possible help.

It is also possible to improve the demonstration lectures using projectors connected to a computer to provide access to information for visually impaired students. To do this, it is possible to connect a remote access program and create a connection between the computer located at the student's desk and the computer from which the demonstration is conducted.

To ensure visibility not only of the board, but also of any experiments, visual demonstrations, a tripod can be installed with a camera connected to a desktop computer or laptop via a USB extension cable and transmitting a magnified image to the monitor screen.

The lack of relevant subject literature in libraries of domestic universities also complicates the learning process. Long-lived textbooks that need reprinting are not always possible to be perceived properly due to the fact that the font is too small.

In addition, university professors and university managers have to prepare more and more paper reports and documentation, the work on which takes precious time that could be used to update teaching materials, lecture notes, and improve curriculum. Not enough secretaries are allocated to deal with issues related to business records. In this regard, teachers bear an impressive number of tasks that require not only timely solutions, but also quite a lot of time, sometimes forcing people to burden themselves with overtime work.

When discussing options for development of an accessible environment in higher education institutions for the disabled, it should be remembered that what helps one can harm others. Thus, the scrolling text for hearing-impaired people can cause an attack if we consider people with epilepsy. In this regard, it is necessary to take into account at once the entire audience of students who will attend the lecture or seminar and take into account their health status. The presentation of the material plays a huge role in the learning process.

Comparing the situation with accessibility of education for persons with disabilities abroad, it can be pointed out that, for example, in the UK, actions that discriminate a person entering college/university/work are banned at the state level due to the existence of the Equality Act 2010. According to information published at the resource on rights for people with disabilities in the UK, the Equality Act states that an employer or education provider cannot prevent a person from getting a job or learning in any training field because he is disabled. They cannot interfere with matriculation due to the fact that they do not want to make adjustments or changes in the usual process of training/work [5].

Students with disabilities in the UK are given the opportunity to make changes to the learning process they need. Below there are some examples [6].

General measures not related to any particular nosology:

- support for the use of a learning resource center or library, allowing longer use of textbooks, assistance in finding and receiving books/articles;
- additional time to complete coursework and possibly the entire course;
- access to all institutions of the university and its buildings;
- adequate financial support to cover additional expenses;
- university staff should act as role models for students in building attitudes towards the disabled, respecting equal opportunities;
- support during training;
- communication with a representative of students with disabilities at the student council.

Measures in relation to people with physical disabilities, disorders of the musculoskeletal system, as well as people who are forced to move by means of a wheelchair:

- physically accessible classes, training and examination rooms, toilets, catering facilities;
- affordable housing, possibly on campus, if the student is away from home;
- personal assistants or assistants capable to facilitate mobility;
- support in carrying out practical work;
- alternative ways to demonstrate and prove the professionalism, for example, through oral answers instead of written ones;
- a working wheelchair and equipment for charging it;
- assistive technologies, for example, a computer controlled by voice commands;
- typing services;
- a digital voice recorder for recording lectures or any notes;
- parking on campus.

Measures for blind or visually impaired people:

- an assistant who can help you learn the route to your place of study, residence, campus;
- allotted time to adapt to campus;
- knowing the evacuation plan and drawing up a personal emergency exit plan if necessary.
- provision or adaptation of various equipment that allows a disabled student to participate in practical exercises, such as a magnifying glass with light, thermometers with audio playback of information;
- a specially selected person who reads educational literature or exam questions;
- assistants to record any notes on the lectures, as well as recording answers on exams;
- printing services of large formats, large text, using Braille system;
- providing the student with course materials, in Braille code or in large format/audio format with sending by e-mail, as well as examination papers of a preferred format;
- a digital voice recorder for taking notes of lectures, creating notes;
- audio description of visual information used in lectures, or other teaching methods;
- special equipment, for example, computers with speech synthesizers, books in Braille code;
- possibility of admission to the territory with a guide dog;
- good lighting, contrasting signs for on-campus navigation;





- provision of alternative exam procedures.
- Measures for deaf or hearing impaired people:
  - communication assistance, for example, a sign language interpreter;
  - dedicated assistant, able to record voiced exam questions;
  - an induction loop system that can be used as an auxiliary device for transmitting sound to a student's hearing aid;
  - presence of a textphone at home or on campus (a textphone is a device with a keyboard and a creeping display that can convert both incoming and outgoing calls to text);
  - a digital voice recorder for recording lectures;
  - presence of a flashing light or vibrating device for notification of a fire alarm.

In addition to the categories of persons with disabilities described above, a large number of other groups of students with health problems are supported. Assistance is also provided not only to students with disabilities, but also to people with diseases that are not classified as disability in the UK, for example, epilepsy, diabetes, asthma.

Such high-quality support with the use of modern equipment, of course, requires significant funds. Funding is provided by various foundations, as well as by distributing grants. To help organizers and managers, special materials and publications are produced that consider the mechanisms for financing students with disabilities.

According to a study on the number of students with disabilities who received higher education in Ireland in 2015/16, the number of students with disabilities was 5,2 % of the total number of students. These numbers exceed the result of the Russian study (0,38 % of students with disabilities of the total number of students) by about 14 times. According to the information for 2016/17 in Ireland, the number of disabled students has increased by 12 % and was 5,7 % of the total number of students [7, p. 12].

The attitude of both teachers and other students plays a significant role in supporting people with disabilities. Often, people are exposed to an unjust attitude from their peers. What is even worse – such an attitude is characteristic not only of students, but also of employees of educational and medical institutions. In this case, without representatives who are in charge of protection of the rights of persons with disabilities, it is extremely difficult to resolve the difficulties that arise, and therefore a person who is already in a difficult life situation is forced to experience daily stress caused by the unhealthy atmosphere of the place where he has to be.

**Conclusion.** Lev Semenovich Pontryagin, visually impaired, managed to become one of the greatest mathematicians of 20<sup>th</sup> century; Stephen Hawking, English theoretical physicist, writer, author of scientific papers, was paralyzed; Andrea Bocelli, an Italian opera singer, is blind for most of his life; Louis Braille, being blind, was able to create a relief-point font for visually impaired and blind people. All these people managed to succeed despite their state of health. This once again proves that, being a disabled person, a person is not

deprived of the opportunity to live, develop and even reach heights in various areas ranging from music to the study of outer space.

Anyone who is forced to be disabled, does not impose a sentence. He is sentenced by society, closing its eyes to the problems of millions of people.

By drawing attention to the difficulties that a person faces every day, society and the state as a whole can improve the current situation, continue the emerging positive trends, and develop effective mechanisms for putting into practice the large range of guarantees already available in the legislation.

## REFERENCES

1. Social activists propose to increase the number of universities where applicants with disabilities can enter. Public Chamber of the Russian Federation. [Obshchestvenniki predlagayut uvelichit' chislo vuzov, kuda mogut postupat' abiturienti s ogranichennymi vozmozhnostyami. Obshchestvennaya palata Rossiiskoi Federatsii]. [Electronic resource]: <https://www.oprf.ru/press/news/2017/newsitem/38927>. Last accessed 15.11.2018.
2. Presentation: Comprehensive All-Russian Monitoring of Accessibility of Higher Professional Education for Disabled Persons and Persons with Disabilities. Brief results and conclusions. February 2017 [Prezentatsiya: Kompleksniy vs Rossiiskiy monitoring dostupnosti vysshego professionalnogo obrazovaniya dlya invalidov i lits s OVZ. Kratkie rezultaty i vyvody. Fevral' 2017].
3. Order of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated October 14, 2015 «On approval of the procedure for admission to study in educational programs of higher education – bachelor's programs, specialist's programs, master's programs» [Prikaz Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossiiskoi Federatsii ot 14 oktyabrya 2015 goda «Ob utverzhdenii poryadka priema na obuchenie po obrazovatelnyim programmam vysshego obrazovaniya – programmam bakalavriata, programmam spetsialiteta, programmam magistratury»].
4. Vladimir Slepak requests to pass a medical and social expertise to the Ministry of Health. Public Chamber of the Russian Federation [Vladimir Slepak prosit peredat' medicosotsialnuyu ekspertizu Minzdrav. Obshchestvennaya palata Rossiiskoi Federatsii]. [Electronic resource]: <https://www.oprf.ru/press/news/2017/newsitem/38817>. Last accessed 15.11.2018.
5. Disability Rights UK. Telling people you're disabled: clear and easy guide for students. [Electronic resource] <https://www.disabilityrightsuk.org/telling-people-you%E2%80%99re-disabled-clear-and-easy-guide-students>. Last accessed 15.11.2018.
6. Disability Rights UK. Adjustments for disabled students. [Electronic resource]: <https://www.disabilityrightsuk.org/adjustments-disabled-students>. Last accessed 15.11.2018.
7. Numbers of Students with Disabilities Studying in Higher Education in Ireland 2016/17, *Researched by Christine Hynes*, Ed. by Dara Ryder, published by AHEAD Educational Press, February 2018, 12 p. ●

Information about the authors:

**Trubaev, Alexander S.** – Ph.D. (Eng), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [ultima@list.ru](mailto:ultima@list.ru).

**Muradian, Karine O.** – master's student of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [muradian.karine@gmail.com](mailto:muradian.karine@gmail.com).

Article received 15.11.2018, accepted 16.04.2019.



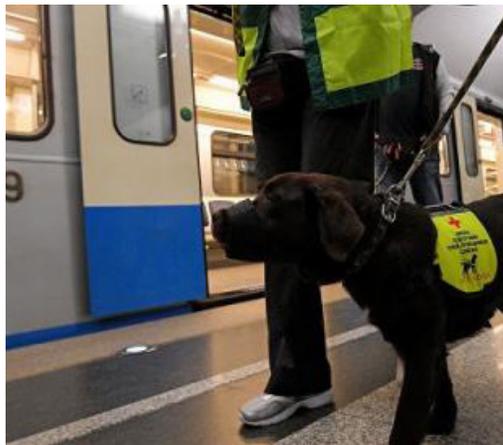
## РОСТ ДОСТУПНОСТИ МОСКОВСКОГО МЕТРО

**П**ятьдесят лабрадоров и овчарок обучат до конца 2019 года для сопровождения инвалидов по зрению в Московском метрополитене. Об этом сообщили в среду в пресс-службе подземки.

«В Московском метрополитене началось обучение собак-проводников для сопровождения инвалидов по зрению. До конца декабря планируется обучить 50 собак – лабрадоров и овчарок», – говорится в сообщении.

Как уточняется в материале, во время занятий собаки учатся безопасно передвигаться по метро, а при обучении безопасному проходу через турникеты собак научат выбирать самый широкий турникет в линейке для удобства сопровождаемого пассажира. В каждом занятии задействованы 4–5 собак.

«Московский метрополитен сотрудничает с Российской школой подготовки собак-проводников и предоставляет необходимую для их обучения инфраструктуру с 2014 года. За пять лет в метро обучили почти 200 овчарок и лабрадоров, которые сейчас помогают передвигаться инвалидам по зрению в метрополитенах разных городов России. Маломобильные пассажиры,



в том числе с нарушением зрения, могут также обратиться в Центр обеспечения мобильности пассажиров, сотрудники которого помогут им добраться до нужной станции», – сказала заместитель начальника метро по развитию клиентских сервисов и работе с пассажирами Юлия Темникова, чьи слова цитирует пресс-служба.

**На основе сообщений ТАСС и Международного союза общественного транспорта: <https://tass.ru/moskva/6212012> ●**

## ENHANCING ACCESSIBILITY OF MOSCOW METRO

**G**uide dogs accompanying the visually impaired passengers are to become Metro dogs for all-inclusive mobility purposes.

Starting February 27, 2019 the weekly training of guide dogs will start on the territory of the Moscow Metro. In the classroom, the dogs will adapt to the unusual noises and learn to travel safely in the subway.

Labrador and Shepherd are among 50 lucky dogs that would be prepared to become Metro Dogs. Last year 50 dogs were also trained in the metro to accompany blind and visually impaired persons.

During classes, dogs learn safe navigation in the subway: how pass through the front doors and turnstiles, how to descend and climb the elevator and escalator, how to move along the

platform, how to enter and exit the train cars. All these skills will allow guide dogs to accompany their owners underground.

Animal training is a joint project of the Russian school of dog training and the Moscow Metro. Metro provides all the necessary infrastructure for training dogs. This project was launched five years ago, during the time more than 200 guide dogs were trained on the metro infrastructure sites and are now accompanying passengers with disabilities in metro of different Russian cities, emphasized Yulia Temnikova, deputy director for customer and passenger service of Moscow metro.

**Compiled from TASS and UITP news: <https://eurasia.uitp.org/metro-dogs-moscow-metro-passengers> ●**





## О взаимодействии школы и вуза в рамках профильного инженерного образования



Валентин ВИНОГРАДОВ  
Valentine V. VINOGRADOV

Людмила КОЧНЕВА  
Ludmila F. KOCHNEVA



Ольга ПЛАТОНОВА  
Olga A. PLATONOVA

*Виноградов Валентин Васильевич – доктор технических наук, профессор, первый проректор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Кочнева Людмила Фёдоровна – кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Платонова Ольга Алексеевна – кандидат физико-математических наук, доцент Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

### On Interaction of School and University in the Framework of Engineering Education

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 258)

**В статье рассматриваются проблемы, возникающие при работе в инженерных классах, и пути их решения. Для укрепления связи школы и вуза необходимо использовать как методические, так и технологические возможности. Проведён анализ появившихся в последнее время в школьной программе по математике тем, близких к стандартным программам высшего инженерного образования. Предложены методы стимулирования педагогического и интеллектуального потенциала университетских работников путём привлечения их к созданию методики преподавания в школах, особенно в целях углубленного изучения математики в инженерных классах. Рассмотрен опыт специального математического семинара, организованного кафедрами математики для педагогов инженерных классов.**

Ключевые слова: инженерное образование, взаимодействие школы и вуза, профессиональные компетенции педагогов, методики преподавания, математический семинар, учебные программы.

**Н**астоятельное требование общества об увеличении количества специалистов, имеющих инженерную подготовку для интенсивного развития экономики страны приводит к необходимости структурных и технологических изменений в организации среднего общего образования. Становится недостаточным принцип разделения классов на условно гуманитарные и условно математические. Следует сделать это разделение более точным, а само содержание образования в рамках государственных стандартов более направленным на результат. Такая потребность способствует созданию в школах так называемых инженерных классов, нацеленных на подготовку учащихся, которые ориентированы на будущую работу в промышленности и на транспорте, на получение более прочных математических, физических и общетехнических знаний.

### I.

На современном этапе развития высшая школа сталкивается со специфическим

вызовом особой важности — налаживанием более тесного взаимодействия со средней школой по всему спектру её многогранной деятельности — от образовательной до воспитательной. То внимание, которое правительство уделяет подготовке высококачественных инженерных кадров, касается не только вузов, но и усиления связи между ними и средними школами. Введение в практику инженерных классов — прямая демонстрация этого внимания. Задача школ — привлечь учащихся в такие классы и организовать достойное обучение, способствующее выбору ими той или иной инженерной специальности. Это задача не из лёгких, тем более если учитывать недостатки школьных образовательных программ по естественным наукам и их отрыв от уровня знаний, необходимых для успешного продолжения учёбы в вузе.

Реформы последних лет направлены на создание укрупнённых образовательных центров, где возможно обучение с использованием инновационных технологий, всех иных ресурсов высшей школы. С этой точки зрения, школьные программы по математике начинают всё больше и больше включать ту тематику, которой наполнены стандартные программы высшего инженерного образования. Это становится дополнительным стимулом к использованию педагогического и интеллектуального потенциала университетских работников за счёт привлечения их к созданию методики преподавания в школе и, прежде всего, методики углубленного изучения математики в инженерных классах [1, с. 142–147; 2, с. 163–165; 3, с. 120–124].

Особое внимание следует уделять наполнению математического образования в школе инновационными и информационными технологиями.

Например, по математике в школах за последние годы введены и затем повышены в сложности задачи, включающие элементы теории вероятностей, причём использующие не только начальные задачи по комбинаторике, но и понятия сложения и умножения вероятностей, формулу полной вероятности — а это уже материал даже не первого курса в вузе. В школьной программе, тем не менее, практически отсутствует рассмотрение стандартных понятий комбинаторики, которые развивают мыш-

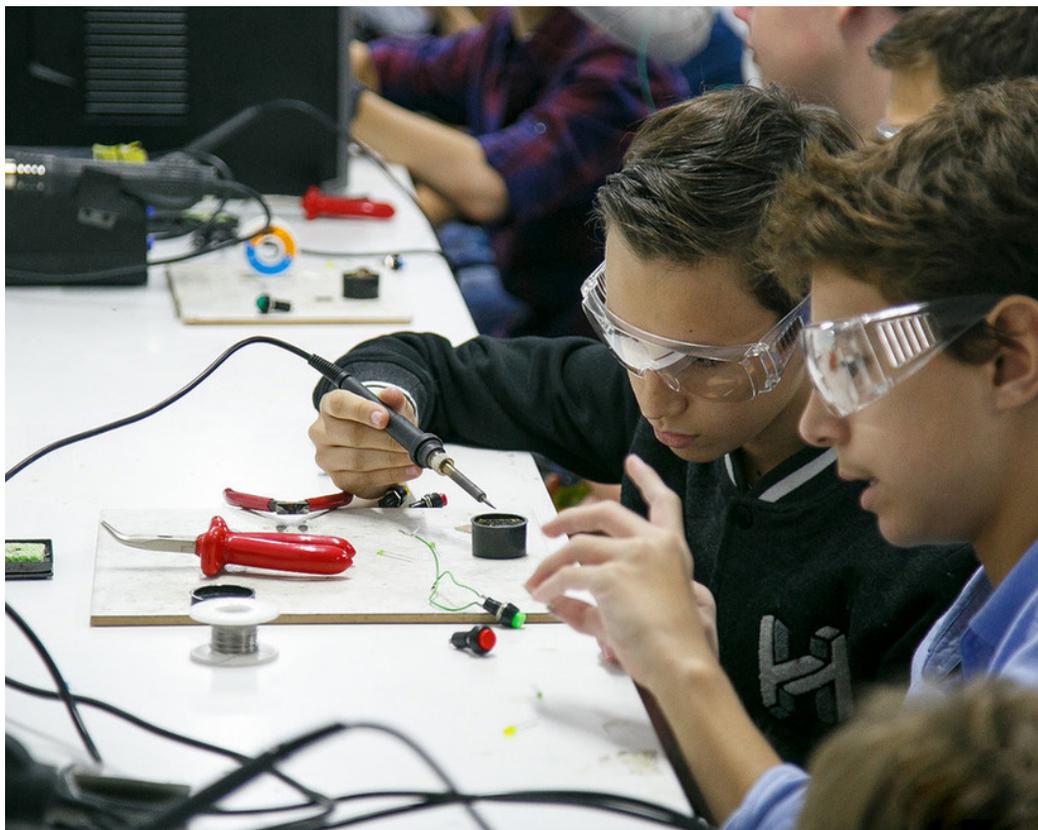
ление и постепенно подводят ученика к освоению понятия «вероятность». Задачи по теории вероятностей рекомендуется решать по аналогии с задачами, представленными в подготовительных математических сборниках, что нельзя считать методически правильным. В любом курсе теории вероятности в высшей школе этот материал излагается доказательно и подробно только после прохождения основ математического анализа и высшей алгебры. И все задачи о перемещении жука по веткам и подобные им, оказывается, можно решить, используя общие теоретические подходы.

Повышаются в сложности задачи финансово-математического характера, так как внешняя экономическая действительность требует от человека понимания различных финансовых процессов и умения рассчитывать свои действия. Но при этом учащиеся должны сначала получить базовые знания о финансах, а не догадываться, как решать различные текстовые задачи. Вузовские преподаватели смогли бы организовать на постоянной основе полезные курсы как для учащихся, так и для преподавателей. Если, например, объяснить им понятие финансовой ренты, то многие современные достаточно громоздкие финансовые задачи решались бы учащимися элементарно в одно действие, но сначала надо узнать, о чём идёт речь и как правильно понимать условие.

Мало того, в рекомендованных для самостоятельной подготовки школьников изданиях появляются элементы линейного программирования, которые и в вузах появляются не у всех и не на первых курсах. В подобных пособиях урывочно и непоследовательно предлагаются схемы решения (иногда даже интуитивного) отдельных задач, в то время как в школьных учебниках отсутствует систематическое изложение соответствующей теории.

Заметим, что преподающие в инженерных классах школьные учителя тоже нуждаются в получении методичных знаний по возникающим дисциплинам, чтобы процесс обучения наполнился новым содержанием и привёл к лучшим результатам, а впоследствии к лучшему усвоению материала в институте. Обе этих проблемы вызывают к богатому потенциалу москов-





ских вузов, которые могут оказать школам достойную и многостороннюю поддержку.

## II.

Наличие проблем чётко видят в департаменте образования города Москвы, уже несколько лет выделяющем гранты на проекты, связанные с усилением взаимодействия школа—вуз. Заметим, что Российский университет транспорта давно и плодотворно сотрудничает с департаментом по этому вопросу.

Ещё в 2013 году была проведена работа по формированию взаимодействия университета со школами Северо-Восточного окружного управления образования столицы. Сотрудниками математических кафедр по заявке департамента создана дополнительная профессиональная программа и проведены семинары по реализации профильного образования для педагогов инженерных классов.

В рамках данных семинаров ставилась цель развития профессиональных компетенций педагогических работников, реализующих программы среднего общего образования для учащихся профильных классов.

В процессе творческого сотрудничества педагогов школ города и университета была решена задача разработки дополнительных профессиональных программ по проблемам профильного образования инженерной направленности по математике, включающих контрольно-измерительные материалы для организации промежуточной и итоговой аттестации обучающихся.

Мы считаем, что пришло время создания на постоянно действующей основе эффективно действующего творческого коллектива преподавателей математики Российского университета транспорта и педагогов-математиков города (не обязательно в пределах только СВАО) с целью повышения качества математического образования в инженерных классах [4, с. 254—258]. Такая мера позволила бы не только поднять уровень профессиональных компетенций педагогических работников, реализующих программы среднего общего образования для учащихся инженерных классов, но также внедрить в учебный процесс инновационные технологии для максимального раскрытия и поддержки способностей учащихся.

При создании системы эффективного взаимодействия школа—вуз обязательны как высокая компетентность педагогов-математиков, так и обновление методического инструментария на основе инновационных технологий, ранее используемых лишь в высшей школе, таких, как доступ к совместному школьно-университетскому интернет-порталу, где были бы выложены лекции по интересным темам, методические разработки, варианты решённых задач, задания для самостоятельного контроля и прочее. Ту же видео-лекцию школьник может прослушать столько раз, сколько ему надо для полного усвоения материала, причём он может сделать это и в школе, и дома. Такой же вариант может быть предложен для изучения задач различной тематики.

Работа с компьютером привычна для современного школьника, он обычно хорошо усваивает информацию с экрана. Кроме того, ученика легче увлечь «зрительно» занимательным изложением темы, чем правильным, но многословным текстом.

Нами предложены к рассмотрению модульные программы для дополнительного профильного преподавания математики в классах инженерной направленности. Они вызвали всеобщий интерес и могут применяться педагогами вариативно, в зависимости от личных образовательных планов. Программы предназначены для учащихся 9—11 классов и ориентированы на учебники различных авторов. Работа педагога по таким программам повышает его компетентность в методах преподавания, облегчает процесс составления индивидуального образовательного плана для наиболее продвинутых учащихся.

Во время работы со школьными учителями особое внимание должно быть уделено таким сложным темам, как решение задач с параметрами и нестандартные приёмы решения задач.

Один из планируемых семинаров может быть посвящён комбинаторике и началам теории вероятностей. Отметим, что поскольку готовить к учёбе в инженерном классе следует уже с 5—6 классов, а ком-

бинаторика требует сообразительности, а не знания более сложных, чем арифметика предметов, то это именно та тема, с которой легче начинать занятия с учащимися средних классов, если обеспечить правильный подбор и последовательность задач. Простейшие задачи по теории вероятностей, которые сейчас решаются в средней школе, требуют от учителя знакомства с азами теории вероятностей и базовыми понятиями статистики, без них усложняется процесс обучения учащихся. Общение с преподавателями вуза помогает компенсировать могущие возникнуть проблемы.

Очень важной видится работа на семинаре «Математика в реальной жизни по схеме «время—деньги». Такая встреча будет полезна для понимания методов решения задач, связанных с основами финансовых расчётов, включая вопросы финансового потока и кредитных выплат. Нами разработан обширный учебно-методический материал, который содержит сценарии презентаций, текстовые и тестовые практические задачи.

Оценка столь многопланового опыта, реализация дальнейших планов, разумеется, впереди. Но и то, что уже сделано, полагаем, не вызывает сомнений относительно своей актуальности и перспектив. Начатое нуждается в продолжении.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов В. В., Кочнева Л. Ф., Платонова О. А. О повышении качества математических знаний // Мир транспорта. — 2014. — № 4. — С. 142—147.
2. Платонова О. А., Кочнева Л. Ф. Система дополнительного преподавания математики в техническом вузе // Преподаватель высшей школы в XXI веке: Труды XI международной научно-практической интернет-конференции. — Ростов н/Д: РГУПС, 2014. — С. 163—165.
3. Платонова О. А., Дмитрусенко Н. С., Пугина Л. В. О математической подготовке будущих инженеров // Преподаватель высшей школы в XXI веке: Труды XIII международной научно-практической интернет-конференции. — Ростов н/Д: РГУПС, 2016. — С. 120—124.
4. Платонова О. А. Университетская среда для учителей // Преподаватель высшей школы в XXI веке: Труды 15 международной научно-практической интернет-конференции. — Ростов н/Д: РГУПС, 2018. — С. 254—258.

Координаты авторов: **Виноградов В. В.** — +7(495) 684—21—10, **Кочнева Л. Ф.** — m-miit@yandex.ru, **Платонова О. А.** — platonova\_o\_a@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 16.11.2018, принята к публикации 10.01.2019.



## ON INTERACTION OF SCHOOL AND UNIVERSITY IN THE FRAMEWORK OF ENGINEERING EDUCATION

*Vinogradov, Valentine V., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Kochneva, Ludmila F., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

*Platonova, Olga A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

The article discusses the problems that arise when engineering classes are organized in secondary schools with participation of universities, and ways to solve them. To strengthen the connection between the school and the university, it is necessary to use both methodological and technological capabilities. The analysis of topics close to the standard programs of higher engineering education, which

have appeared recently in the school curriculum in mathematics, is carried out. Methods have been proposed for wider engagement of intellectual capacity of university staff by involving them in creation of teaching methods in schools and especially in the in-depth study of mathematics in engineering classes. The experience of a special mathematical seminar organized by university departments of mathematics for school teachers of engineering classes is considered.

**Keywords:** *engineering education, interaction between school and university, professional competence of teachers, teaching methods, mathematical seminar, curriculum.*

**Background.** *The urgent demand of the society to increase the number of engineers for intensive development of the country's economy leads to the need for structural and technological changes in organization of secondary general education. The principle of division of classes into conditionally humanities and conditionally mathematical ones becomes insufficient. This division should be made in a more precise manner, and the content of education itself within the framework of state standards should be more focused on results. Such a need contributes to creation in schools of so-called engineering classes aimed at training pupils who are focused on future work in industry and on obtaining stronger mathematical, physics skills and general technical knowledge.*

**Objective.** *The objective of the authors is to consider different aspects related to the interaction of school and university in the framework of engineering education.*

**Methods.** *The authors use general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach.*

### Results.

#### I.

*At the present stage of development, higher education is confronted with a specific challenge of particular importance – establishment of closer interaction with the secondary school in all its multifaceted activities – from educational to pedagogic. The attention that the government is paying to training of high-quality engineering personnel concerns not only universities, but also strengthening of communication between them and secondary schools. An introduction to the practice of engineering classes is a direct demonstration of this attention. The task of schools is to attract students to such classes and organize decent training that will facilitate their choice of an engineering specialty. This is not an easy task, especially if we take into account shortcomings of school educational programs in natural sciences and their lag behind the level of knowledge necessary for successful continuation of studies in higher school.*

*The reforms of recent years are aimed at creating integrated educational centers, where it is possible to study using innovative technologies, all other resources of higher education. From this point of view, school programs in mathematics are beginning to include more and more topics that are typical for standard programs in higher engineering education. This becomes an additional incentive to use the pedagogical and intellectual potential of university employees by involving them in creation of teaching methods in school and, above all, in the in-depth study of mathematics in engineering classes [1, pp. 142–147; 2, pp. 163–165; 3, pp. 120–124].*

*Particular attention should be paid to the enhancement of mathematics education in school with innovative technologies, the use of the Internet network and other methodological techniques.*

*For example, tasks in mathematics were introduced in past years, and then their complexity increased, that include the elements of probability theory, and use not only the initial combinatorial tasks, but also the concepts of addition and multiplication of probabilities, the total probability formula – and this is not the material of even the first course of study in higher school. In the school curriculum, however, there is practically no consideration of the standard concepts of combinatorics, which develop thinking and gradually bring the student to the concept of «probability». Tasks in probability theory are recommended to be solved by analogy with those presented in preparatory mathematical collections, and that approach cannot be considered methodically correct. In any course of probability theory in higher school, this material is presented conclusively and in detail only during the third semester of study, after passing the fundamentals of mathematical analysis and higher algebra. And all the tasks of moving the beetle along branches and the like, it turns out, can be solved using common theoretical approaches.*

*The complexity of the tasks of financial and mathematical nature increases, as external economic reality requires a person to understand various financial processes and to get the ability to calculate their actions. Nevertheless, pupils should first get a basic knowledge of finance, and not guess how to solve various text tasks. University lecturers would be able to organize on an ongoing basis useful courses for both pupils and teachers. If, for example, they were explained the concept of financial rent, then many modern, rather cumbersome financial problems can be solved elementarily in one action, but first you need to find out what is at stake and how to understand the condition correctly.*

*Moreover, elements of linear programming, which will not appear in universities for all students and not in the first year, appear in publications recommended for self-preparation of schoolchildren. Such manuals offer a partial and inconsistent approach to solution of (sometimes even intuitive) individual tasks, while in school textbooks there is no systematic presentation of the corresponding theory.*

*Let us note that school teachers who teach in engineering classes also need to receive methodical knowledge in emerging disciplines in order for the learning process obtains new content and leads to better results, and later to better learning at the university. Both of these problems appeal to the rich potential of Moscow*



universities, which can provide decent and multilateral support to schools.

## II.

The presence of problems is clearly seen by the Department of Education of the city of Moscow, which for several years has been allocating grants for projects related to strengthening of school-university interaction. We note that Russian University of Transport has long and fruitfully cooperated with the department on this issue.

Back to 2013, work was carried out on development of interaction of the university with schools of the Northeastern District Education Department of the capital. Employees of mathematical departments at the request of the department created an additional professional program and conducted seminars on implementation of specialized education for teachers of engineering classes.

The objective was to develop professional competencies of teaching staff implementing secondary education programs for pupils in specialized classes. In the process of creative cooperation of teachers of city schools and the university, the complementary professional programs in engineering education in mathematics, including test and measurement materials for organization of intermediate and final certification of students were developed.

We believe that the time has come to build on a permanent basis an effective creative team of lecturers of mathematics of the University and of teachers and mathematicians of the city schools (not necessarily within the limits of the North-Eastern Administrative District) in order to improve the quality of mathematical education in engineering classes [4, pp. 254–258]. Such a measure would allow raising the level of professional competence of pedagogical staff implementing programs of secondary general education for students of engineering classes, as well as introducing innovative technologies into the educational process to maximize disclosure and support of students' abilities.

When creating a system of effective school-university interaction, both the high competence of mathematics teachers and updating of methodological tools based on innovative technologies previously used only in higher education are required. Such techniques as access to the Internet portal, for example, where lectures on interesting topics, methodological developments, versions of solved tasks, tasks for independent control, and so on, can be accessed. A schoolboy can listen to the same video lecture as many times as he needs to fully master the material, and he can do it both at school and at home. The same possibility will be suggested for solving different tasks.

Working with a computer is familiar to a modern student, he usually absorbs information well from the screen. In addition, it is easier to captivate his attention with «visually» entertaining presentation of the topic than with a correct, but verbose text.

We have proposed for consideration modular programs for additional specialized teaching of mathematics in engineering classes. They caused a general interest and can be applied by teachers in different ways, depending on personal educational plans. The programs are designed for students of 9–11 grades

and are focused on the textbooks of various authors. The work of a teacher with the use of such programs increases his competence in teaching methods, facilitates the process of drawing up an individual educational plan for the most advanced pupils.

When working with school teachers, special attention should be paid to such complex topics as task solving with parameters and non-standard methods of problem solving.

One of the planned seminars can be devoted to combinatorics and fundamentals of probability theory. It should be noted that since preparation for study in engineering class should already begin from 5–6 grades, and combinatorics requires ingenuity, and not knowledge of more complex subjects besides arithmetic, this is the topic with which it is easier to start classes with middle school pupils, if correct selection and task sequence are provided. The simplest tasks of probability theory, which are now being solved in secondary school, require a teacher to become familiar with the basics of the theory of probability and the basic concepts of statistics, without them the learning process is complicated. Communication with university professors helps to compensate for problems that may arise.

The seminar «Mathematics in real life according to the time – money scheme» seems to be very important. Such a meeting will be useful for understanding of the methods of solving problems related to fundamentals of financial calculations, including issues of financial flow and credit payments. We have developed an extensive teaching material, which contains presentation scripts, textual and test practical tasks.

**Conclusion.** Evaluation of such a multifaceted experience is, of course, ahead. But what has already been done, we believe, does not raise doubts about its relevance and prospects. Started projects need to be continued.

## REFERENCES

1. Vinogradov, V. V., Kochneva, L. F., Platonova, O. A. On improving the quality of mathematical knowledge. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 4, pp. 142–147.
2. Platonova, O. A., Kochneva, L. F. The system of additional teaching of mathematics in a technical college [Sistema dopolnitelnogo prepodavaniya matematiki v tekhnicheskoy vuzel]. *Teacher of a higher school in 21<sup>st</sup> century: Proceedings of 11<sup>th</sup> international scientific and practical Internet conference*. Rostov-on-Don, RGUPS, 2014, pp. 163–165.
3. Platonova, O. A., Dmitrusenko, N. S., Pugin, L. V. On the mathematical training of future engineers [O matematicheskoy podgotovke budushchikh inzhenerov]. *Teacher of a higher school in 21<sup>st</sup> century: Proceedings of 13<sup>th</sup> international scientific and practical Internet conference*. Rostov-on-Don, RGUPS, 2016, pp. 120–124.
4. Platonova, O. A. University environment for teachers [Universitetskaya sreda dlya uchitelei]. *Teacher of a higher school in 21<sup>st</sup> century: Proceedings of 15<sup>th</sup> international scientific and practical Internet conference*. Rostov-on-Don, RGUPS, 2018, pp. 254–258. ●

Information about the authors:

**Vinogradov, Valentine V.** – D.Sc. (Eng), first vice-rector, professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, +7(495) 684–21–10.

**Kochneva, Ludmila F.** – Ph.D. (Eng), associate professor, head of the department of mathematics of Russian University of Transport, Moscow, Russia, m-miit@yandex.ru.

**Platonova, Olga A.** – Ph.D. (Physics and Mathematics), associate professor, head of the department of higher and computational mathematics of Russian University of Transport, Moscow, Russia, platonova\_o\_a@mail.ru.

Article received 16.11.2018, accepted 10.01.2019.





# История транспорта: инновационное измерение традиционного учебного курса



Александр ГОРБУНОВ  
Alexander A. GORBUNOV

Алексей ФЕДЯКИН  
Aleksey V. FEDYAKIN



Иван ФЕДЯКИН  
Ivan V. FEDYAKIN

*Горбунов Александр Александрович – доктор политических наук, профессор, директор Гуманитарного института Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Федякин Алексей Владимирович – доктор политических наук, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

*Федякин Иван Владимирович – доктор политических наук, доцент, профессор Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

## History of Transport: Innovative Dimension of a Traditional Educational Course

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 268)

**В статье рассматриваются текущее состояние и перспективы развития истории транспорта как учебной дисциплины, изучение которой является неотъемлемой составляющей подготовки специалистов для отрасли. Основываясь на её понимании как междисциплинарного научного направления и интегративного учебного курса, авторы предлагают подходы к решению теоретических и методологических проблем, а также показывают её значительный эвристический потенциал, позволяющий дать ответы на актуальные вызовы в транспортной сфере.**

**Особое внимание уделяется вопросам определения границ предметного поля истории транспорта, органичному сочетанию в содержании данной учебной дисциплины общетранспортных и конкретно-видовых аспектов, а также учёту специфики глобального, национального и регионального уровней генезиса и эволюции транспорта.**

*Ключевые слова:* история транспорта, транспортная наука, междисциплинарный подход, традиции и новации, высшее образование, подготовка кадров.

**Н**е будет преувеличением утверждение, что дисциплина «История транспорта» парадоксальным образом оказалась на периферии внимания разработчиков учебных планов и программ во многих вузах, готовящих специалистов для транспортной отрасли. Подтверждением этому служит как её отсутствие в учебных планах значительного числа транспортных направлений подготовки и специальностей, так и весьма скромное число изданий соответствующей учебной литературы, обнаруживаемое в электронных каталогах ведущих российских библиотек и отраслевых образовательных порталов. В то же время в мире существует бесчисленное множество изданий по истории транспорта [4–13] – от научных фундаментальных до популярных детских, что объективно отражает неизменный и большой интерес к этой теме. Другой вопрос – насколько этот массив изданий может служить образовательным задачам.

А между тем история транспорта, с одной стороны, как комплексное междис-

циплинарное научное направление, с другой стороны, как полиструктурная и инвариантная учебная дисциплина — становится в современных условиях неотъемлемой составляющей транспортного образования, обнаруживает колоссальный эвристический потенциал. Ведь, как весьма справедливо было отмечено министром транспорта РФ Е. И. Дитрихом на заседании Координационного совета по транспортному образованию 25 октября 2018 года: «Поступательное освоение новых профессий, знаний и навыков является необходимым условием для движения транспортной отрасли вперёд. При этом система высшего профессионального образования должна быть нацелена на нужды отрасли, на потребности транспортных организаций — будущих работодателей наших студентов» [1].

В чём же причины такого парадоксального отношения к истории транспорта?

Прежде всего, обращает на себя внимание продолжающаяся на протяжении довольно длительного периода и местами вяло протекающая дискуссия относительно «принадлежности» истории транспорта к тому или иному блоку дисциплин и, соответственно, предметным полям наук: техническим или социально-гуманитарным. Практическим отражением противоположных позиций участников этого спора является, в том числе, содержание программ данного учебного курса. В первом случае акцент делается на генезис и эволюцию конкретной транспортной техники, машин, агрегатов, узлов, деталей и т.д. (например, история самолётостроения, локомотивов, автомобилей). Внимание концентрируется исключительно на технико-технологических аспектах, тем самым транспорт становится «вещью в себе» и «для себя». Во втором же случае, как правило, предпринимается попытка охватить широкий исторический контекст, нередко выходящий за рамки собственно транспортной проблематики и затрагивающий подчас настолько большой круг проблем, что курс истории транспорта фактически превращается в курс отечественной и даже всеобщей истории.

Оба названных подхода, при их возможной полезности применительно к решению частных задач в рамках конкретного на-

правления подготовки или специальности, не позволяют выпускникам транспортных вузов в полной мере овладеть общекультурными и профессиональными компетенциями. Более того, они формируют не соответствующее современным реалиям поляризованное и одновременно фрагментарное, упрощённое видение объективной картины мира — либо сквозь призму технологического детерминизма, либо с позиций социального универсализма.

В частности, в первом описанном выше случае при исследовании истории транспорта неизбежен крен в сторону таких крайностей, как примитивный техницизм, радикальный технократизм, что оборачивается опасными иллюзиями относительно всеислия техники и технологий, элиминирующими так называемый «человеческий фактор». При этом собственно транспортная специфика нередко выхолащивается, раскрытие логики становления и развития отрасли во всём многообразии составляющих её элементов замещается попытками проследить те или иные стороны научно-технического прогресса, ограничиться перечислением отдельных изобретений — парового двигателя, электрической тяги и т.д. Не удивительно, что хронологический принцип изложения материала часто нарушается, единичные и случайные явления подаются как общезначимые и устойчивые тенденции, частные открытия и отдельные усовершенствования вписываются в подчас весьма искусственно подгоняемую под них общеисторическую логику, на основе чего делаются довольно неубедительные, на наш взгляд, выводы о высоко-развитости одних транспортных систем и соответствующих подходов к организации транспортного процесса и слаборазвитости и неэффективности других.

Во втором случае господствующей парадигмой анализа становятся линейная схема развития человеческой цивилизации, аксиоматичность её общеисторической модели, что влечёт за собой, в том числе, игнорирование как национальной и локальной специфики, так и конкретно-видовых особенностей генезиса и эволюции транспорта. При этом в попытке преодолеть данные крайности многие авторы прямо или косвенно генерируют другие: либо превращают анализ истории транс-



порта в апологетику «особого пути» его развития (в отдельно взятой стране, регионе), либо «вырывают» тот или иной вид транспорта из общесистемного контекста, игнорируют общетранспортные императивы, забывают о специфических обстоятельствах места и времени и пр. В итоге приходится сталкиваться с пространством, и не очень, обоснованием разного рода идей о возможности простого копирования зарубежных достижений, о самодостаточности того или иного вида транспорта и необходимости приоритетного развития именно его — выразительных по форме, но не вполне научных по содержанию.

Кроме того, всё чаще, к глубокому сожалению, начинает встречаться взгляд на исторические аспекты исследования транспортной сферы как на не имеющие ничего общего с востребованными сегодня инновационными измерениями её развития. К чему, мол, вся эта история (а равно теория), если она не даёт ответы на актуальнейшие вопросы о том, как снизить транспортные издержки, сделать транспорт более прибыльной сферой национальной экономики и т.д.? Где в ней ключ к реализации таких приоритетных направлений развития отрасли, как её цифровизация, интеграция различных видов транспорта на «бесшовной» основе и иных? Где, наконец, её практикоориентированность, в чём её востребованность конкретными видами транспорта? Бесспорно, вопросы эти острые. Но давать на них претендующие на однозначность ответы, не разобравшись в сути проблемы, было бы в корне неверным.

Полагаем, что в сегодняшних условиях, когда транспорт становится во всех смыслах слова движущей силой общественного развития, затрагивая различные стороны жизни социума, а также одним из важнейших факторов и одновременно инструментом внутренней и внешней политики государства, настало время подвести черту под затянувшимися и малопродуктивными дебатами относительно онтологического статуса истории транспорта (включая её место и «порядковый номер» в сетке учебных планов). Нужно определиться с её объектом, очертить границы предметного поля, обозначить возможные межпредметные связи данной дисциплины и т.д. Осо-

бенно важно это для российского транспортного образования и науки — сфер, на которые возлагаются стратегически значимые задачи, связанные с реализацией общенациональных приоритетов. Ведь «для развития городов и посёлков, роста деловой активности, обеспечения связанности страны нам нужно буквально «прошить» всю территорию России современными коммуникациями» [2].

На наш взгляд, история транспорта в своём содержании должна интегрировать как общетранспортные измерения и межтранспортные аспекты, так и специфику отдельных видов транспорта. Именно в этом интегративном качестве данная учебная дисциплина позволяет сегодня выйти на принципиально новый уровень научного анализа, существенно обогатив исследования генезиса и эволюции транспорта как общего феномена, характерного для исторического развития всей человеческой цивилизации, выявлением особенностей, свойственных его отдельным видам. Понятно, например, что процесс возникновения железных дорог и авиационного сообщения, обнаруживая в качестве своей общеисторической предпосылки объективную необходимость в перемещении большого количества людей и грузов на значительные расстояния, вместе с тем, демонстрирует и набор специфических причин, обусловивших генезис лишь одного из этих видов транспорта общего пользования, равно как и траекторию его последующей эволюции. Скажем, для железнодорожного транспорта характерно значительное количество пространственно рассредоточенных объектов производственной инфраструктуры, линейный характер функционирования, круглогодичность и всепогодность и т.д.

На практике профилированность учебной дисциплины «История транспорта» применительно к конкретному виду транспорта может воплощаться выделением в её структуре отдельных модулей, разделов и тем, раскрывающих в необходимом для того или иного направления подготовки (специальности) объёме соответствующие дидактические единицы.

Подобный подход к транспорту как, если угодно, «к системе высшего порядка», в рамках изучения его истории позволит

более чётко увидеть те факты, события, обстоятельства, которые послужили первоосновой для развёртывания тех или иных процессов в отдельных подсистемах — видах транспорта, сферах транспортной деятельности, стали импульсами зарождения и развития последующих общеисторических тенденций, обусловили их логику, динамику, направленность. Тем самым история транспорта предстаёт как многоаспектный, разнофакторный и полисубъектный процесс, отражающий сложность и противоречивость становления и эволюции данной сферы общественных отношений и связанных с ней областей науки и техники.

Постижение данного процесса во всём единстве и многообразии его форм и проявлений становится неотъемлемой составляющей подготовки кадров для отрасли — высококвалифицированных представителей различных транспортных профессий, а также — что не менее важно — воспитания широкообразованной, гармонично развитой и творчески мыслящей личности, являющейся полноценным и полноправным представителем современного общества.

Интегрируя общетранспортные аспекты и конкретно-видовую специфику, история транспорта позволяет перейти от статики к динамике, от прошлого и настоящего — к будущему, от описания свершившегося и констатации имеющегося — к области прогнозирования и целеполагания. Иными словами, потенциал истории транспорта как научного направления и учебной дисциплины не сводится лишь к тому, чтобы сначала сформировать фактологическое ядро, собрать как можно более обширный набор данных, характеристик, дат и иных исторических сведений, а затем выстроить на основе этого комплекс положений и выводов теоретического и методологического порядка, претендующих на полноту и однозначность.

Задача истории транспорта — на основе систематизации имеющихся исторических сведений о развитии транспорта в целом и его отдельных видов в частности в соответствующих пространственно-временных условиях прошлого, а также комплексного анализа и всестороннего обобщения оценок и интерпретаций данных сведений,

сформулированных к настоящему моменту в научной литературе, предложить многомерную концептуально-аналитическую модель видения будущего, посредством ретроспективного анализа выйти на уровень построения перспективы. Иными словами «взглянув» назад, начать уверенное движение вперёд. Именно в этом — значительный эвристический потенциал истории транспорта, её инновационность для научной теории и практики, включая производственную, управленческую.

Ещё один принципиальный момент заключается в том, что интегративность истории транспорта и взгляд на предмет её исследования как на общесистемное явление позволяют сфокусировать внимание на конкретных пространственных особенностях развития транспорта в целом и его отдельных видов в частности, выявить специфику генезиса и эволюции транспортных систем и их соответствующих элементов в границах отдельных государств, регионов, муниципальных образований.

Развитие транспорта не может быть оторвано от его исторической «почвы», от того конкретного места географического пространства, где на определённом этапе эволюции человечества возникли объективные потребности в перемещении, которые по мере их осмысления, вызвали к жизни соответствующие идеи, изобретения, а затем породили попытки их воплощения в жизнь. Тем более не представляется возможным говорить о перспективах транспорта вообще, а тем паче планировать основные направления и задавать целевые показатели его развития, не учитывая реалии и потребности отдельных территориальных образований, конкретных городов и сельских поселений, объёмы их ресурсов, точки и пределы роста для России — страны с огромной территорией, отличающейся значительными межрегиональными контрастами и диспропорциями, в том числе в развитии транспортной инфраструктуры, для которой это особенно актуально.

Такой акцент в содержании истории транспорта будет способствовать подготовке кадров, в той или иной степени обладающих глубокими знаниями о транспорте и, при прочих равных условиях, способных



работать на любых предприятиях отрасли и смежных ними секторов экономики, равно как и по широкому спектру специальностей – технических, гуманитарных. Подготовленные таким образом высококвалифицированные специалисты смогут уверенно ориентироваться в непростой специфике конкретных регионов и городов, удовлетворять запросы муниципальных образований, различных типов территорий в развитии транспорта и соответствующей транспортной инфраструктуры. Причём запросы не только текущие, но и перспективные, учитывающие потенциальные ресурсные возможности и ограничения, динамику межрегиональных связей, векторы трансграничного сотрудничества различных пространственных образований.

В содержании дисциплины «История транспорта» целесообразен акцент на исследовании общенациональной специфики его становления и развития наряду с общемировыми тенденциями. Знание исторических предпосылок и факторов генезиса национальной транспортной системы, понимание условий и тенденций её эволюции в различные периоды истории, умение выявлять движущие силы её роста, а также владение навыками раскрытия причинно-следственных связей между принятыми политико-управленческими решениями и динамикой развития транспорта позволяют, помимо прочего, адекватно воспринимать существующие национальные реалии в данной сфере и формировать концептуально обоснованное видение её будущего. Основа этого в рационально-критическом восприятии отечественного опыта, в объективной оценке возможностей и пределов использования зарубежных практик, а также в сбалансированном их сочетании.

Более того, включение в содержание данной дисциплины разделов, освещающих становление и развитие российского транспорта и его конкретных видов, показывающих историческую роль транспортного комплекса в переломные моменты прошлого, углубляющих и расширяющих знания о достижениях отрасли в различные периоды, окажет стимулирующее воздействие на рост интереса будущих выпускников к изучению истории своей страны, родного края, города, района. При этом изучение

истории отечественного транспорта – ключ к формированию корпоративной идентичности представителей транспортной отрасли, один из действенных путей сохранения преемственности между старшими и молодыми поколениями работников данной сферы. Именно благодаря этому становится возможным привитие вчерашним выпускникам, только приступающим к выполнению своих должностных обязанностей, чувства ответственности за порученное дело, а также соблюдение порядка и обеспечение производственной дисциплины на транспорте, от слаженной и безопасной работы которого зависят жизни и здоровье миллионов людей.

Что касается упоминавшейся в самом начале статьи дискуссии относительно принадлежности истории транспорта к техническим или гуманитарным наукам (по своей сути уходящей корнями к уже набившему оскомину спору так называемых «физиков» и «лириков»), то наша принципиальная позиция в этой связи заключается в следующем.

Так как исторически возникновение и развитие того или иного вида транспорта было в конечном итоге ответом на запрос, поступивший со стороны социума в конкретный период времени, то задача истории транспорта – проследить ход и характер формирования этого запроса, этапы его осмысления научной и общественной мыслью, реакцию на него со стороны государства, иных социальных и экономических субъектов, определявших приоритеты и направления транспортного развития. А всё это – самое что ни на есть социально-гуманитарное измерение истории транспорта. Техническое же её измерение – научные искания и опыты, инженерные решения и открытия, разработка и испытание новых образцов техники, изменения в промышленном дизайне как ответ на общественный запрос – безусловно, важно, но его изучение в данном случае носит вспомогательный характер, с акцентом на степени адекватности этого ответа по своим форме и содержанию ожиданиям и потребностям социума.

Исходим из того, что пока не найдено убедительной и полноценной альтернативы гуманистической парадигме, согласно которой первичным в системе «человек–

машина» выступает человек. Как весьма метко выразился министр транспорта РФ Е. И. Дитрих: «Не люди существуют для транспорта, а транспорт для людей. Это должно стать для нас, транспортников, главным исходным принципом. И именно на это нацелена сегодня государственная политика в области транспорта» [3].

К тому же при всём кажущемся отдельным авторам вселили технологий, господстве технического прогресса, доминировании научной рациональности им не следует забывать, что последнее слово остаётся всё-таки за обществом. Если социум и его отдельные члены — политики, учёные, общественные деятели, рядовые индивиды — готовы к инновациям, к позитивному восприятию технических новшеств и усовершенствований, то последние станут неотъемлемой частью общественной жизни. Если же социум не готов к изменениям, с опаской смотрит на необычные (с точки зрения устоявшихся подходов) инженерно-конструкторские решения, иронично или критически воспринимает изобретателей или же соответствующим образом ангажирован и замотивирован, то научные открытия рискуют так и остаться на бумаге, не найти практического применения или же вовсе быть отторгнутыми, а их авторы — подвергнуты всевозможным гонениям и притеснениям. История человечества изобилует примерами того, как появление однопорядковых по своей сути технических новшеств, усовершенствований, открытий, в том числе в сфере транспорта, у различных стран и народов приводило к принципиально отличающимся результатам и влекло за собой совершенно разные последствия для их развития.

Известно, например, что первый в мире двухцилиндровый паровой двигатель был сконструирован русским изобретателем И. И. Ползуновым в 1763–1765 гг. — почти на десятилетие раньше создания аналогичного устройства шотландцем Дж. Уаттом. Однако в России того времени, в отличие от Англии, экономически более целесообразным считался труд крепостных крестьян, а не механизация производства в целях повышения его эффективности. В результате изобретение Ползунова ровным счётом ничего не дало для развития страны в тот исторический период. Как не дала

существенного увеличения темпов строительства железной дороги из Петербурга в Москву в середине XIX столетия закупка за рубежом паровых экскаваторов — их просто умышленно выводили из строя. Ведь объём производимых ими земельных работ поддавался точному учёту, в отличие от труда всё тех же крепостных, показатели которого становились предметом разного рода манипуляций и ухищрений со стороны подрядчиков, стремившихся под разными предлогами занизить его конечную стоимость.

Другой пример — яростное сопротивление московских имущих классов и чиновничества идеям строительства в городе такого передового вида транспорта, как метрополитен. Все проекты метро в период со второй половины XIX века и вплоть до 1917 года решительно отвергались, в том числе и с активным использованием околорелигиозной риторики («грех копания в преисподней» и т.д.), лишь потому, что их реализация сделала бы доступными для проживания широких слоёв населения окраины Москвы, вследствие чего цена аренды жилья в принадлежавших имущим классам доходных домах в центре города существенно бы упала. Сюда же можно отнести ожесточённые дискуссии, развернувшиеся в тот период в правящих кругах и московской прессе, относительно целесообразности строительства окружной железной дороги, а также соединения с её помощью имевшихся линий для организации сквозных пассажирских перевозок через территорию города. Лишь в наше время эти идеи нашли своё воплощение в уже функционирующем Московском центральном кольце и готовящихся к открытию Московских центральных диаметрах (см. «Мир транспорта» № 6 (2018)).

И сейчас далеко не все инновационные идеи в области транспортного развития находят однозначно позитивный отклик среди различных категорий общественности. Во многих западноевропейских странах нередко приходится убеждать (в том числе посредством масштабных PR-акций и информационных кампаний в СМИ) жителей населённых пунктов, через которые планируется провести высокоскоростные железнодорожные магистрали, в целесообразности их строительства. Или, на-



пример, внедрение передовых технологий (включая цифровые, полигонные, беспилотные и т.п.), неизбежно влекущее в том числе оптимизацию числа работников для обслуживания транспортной инфраструктуры, становится фактором озабоченности у многих представителей отрасли — по вполне понятным причинам.

Иными словами, в фокусе внимания истории транспорта должны оказываться не только и даже не столько процессы, связанные с созданием, испытанием, внедрением транспортной техники и соответствующих технологий, а выделение основных этапов научных разработок в транспортной сфере. Она призвана прежде всего раскрыть различающуюся во времени и пространстве степень готовности общества в целом и отдельных его слоёв и групп, в частности, к эволюционным и революционным изменениям в сфере транспорта, так или иначе затрагивающим их жизнедеятельность, выявить основные причины этого, а также показать инвариантный характер развития транспорта, его обусловленность действиями различных социальных субъектов, общественных сил.

Подводя итог нашему анализу, можно сделать следующие **выводы и обобщения**.

История транспорта — это междисциплинарное научное направление и комплексная учебная дисциплина, изучающая генезис и эволюцию транспорта в целом и основных видов транспорта общего пользования, в частности, в конкретно-исторических общемировых, национальных, региональных и локальных условиях. Её цель — раскрытие основных предпосылок социоприродного и технико-технологического характера, определивших ход, динамику и направление развития транспорта и его соответствующих видов, а также выявление общественных и государственных потребностей в различных видах транспортных коммуникаций в соответствующие исторические периоды и их влияние на дальнейшее развитие транспортных систем регионов, стран и мира в целом.

Предметное поле истории транспорта образуется взаимопересечением, с одной стороны, таких областей исторической науки, как всеобщая история (изучение фундаментальных проблем всемирно-исторического процесса, освещение истори-

ческой реальности в её конкретных аспектах), история науки и техники (история открытий в транспортной сфере, основные тенденции эволюции теоретических и прикладных транспортных исследований, становление и развитие объектов транспортной инфраструктуры), а также отечественная история (изучение прошлого страны и населяющих её народов, раскрытие основных направлений деятельности общества и государства в сфере транспорта и смежных областях, анализ всей совокупности соответствующих фактов и явлений), с другой стороны, целым рядом направлений транспортной науки, в частности, таких, как: общая теория транспорта (транспорт как технический феномен, его роль и значение, особенности функционирования), транспортные системы (уровни интеграции различных видов транспорта, их взаимодействие в конкретных условиях), управление на транспорте (модели транспортного администрирования, стадии перевозочного процесса и специфика управления ими) и т.д. Данные области и направления научного знания выступают для истории транспорта теоретической, методологической и фактологической основой.

В то же время это не означает, что история транспорта содержательно представляет собой простую сумму «историй» транспортной науки и техники, экономики транспорта, транспортной политики, имевших место в отдельных странах или регионах в те или иные эпохи. История транспорта — это единый пространственно-временной континуум, затрагивающий соответствующую — прямо или опосредованно связанную с феноменом транспорта и транспортных коммуникаций — часть прошлого человеческой цивилизации, логическим и хронологическим продолжением которого является настоящее и будущее данного феномена. А потому история транспорта неразрывно связана с широким социогуманитарным и естественнонаучным контекстом, так или иначе взаимодействует со значительным числом соответствующих исследовательских областей.

В структуре учебной дисциплины «История транспорта» выделяются, как минимум, четыре крупных проблемно-тематических блока, каждый из которых, с учётом целей и приоритетов конкретного направ-



ления подготовки, может быть развёрнут в самостоятельную сферу исследований, обладающую своей спецификой:

- общая история транспорта, рассматривающая вопросы генезиса и эволюции транспортной отрасли в целом, конкретно-исторические предпосылки и условия научно-технического прогресса на транспорте, факторы появления и ход внедрения транспортных нововведений;

- история вида транспорта (железнодорожного, автомобильного, воздушного, морского), рассматривающая пути возникновения соответствующего вида транспорта общего пользования, общеисторические контексты и конкретные факторы его становления, тенденции развития;

- история отечественного транспорта, рассматривающая ход и характер становления транспорта в рамках страны, в нашем случае — России, особенности формирования национальной транспортной системы, этапы её эволюции, отечественные традиции и специфику транспортного развития;

- история транспорта региона (города, экономического района, федерального округа), рассматривающая генезис и эволюцию транспортной системы в целом и отдельных её элементов в частности в рамках конкретного пространственного (административно-территориального и т.п.) образования.

Такой подход, на наш взгляд, представляется универсальным, применимым для всех стран.

Будучи междисциплинарным научным направлением, история транспорта может стать стимулом для развёртывания целого ряда общих и частных теоретических и прикладных исследований в области проблем транспорта, включая поиск оптимальных моделей развития национальных и региональных транспортных систем, выработку эффективных инструментов модернизации транспортно-логической инфраструктуры, внедрение инновационных технологий перевозочного процесса, обеспечение безопасности на транспорте,

формирование действенных механизмов государственно-частного партнёрства.

Как комплексная учебная дисциплина история транспорта интегрирует целый ряд важнейших звеньев образовательного процесса в транспортном вузе, фундаментальных и прикладных профильных знаний. Она призвана способствовать подготовке персонала для транспортной отрасли, в полной мере владеющего необходимым набором крайне востребованных в современных условиях компетенций (включая креативность, готовность работать в коллективе, проектное мышление), а также умеющего их творчески реализовывать в ходе профессиональной деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В Минтрансе России обсудили приоритетные направления развития транспортного образования // Сайт Министерства транспорта РФ. [Электронный ресурс]: <https://www.mintrans.ru/press-center/news/8872>. Доступ 26.10.2018.

2. Послание Президента РФ Федеральному Собранию Российской Федерации. 1 марта 2018 г. // Официальный сайт Президента России. [Электронный ресурс]: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957>. Доступ 10.03.2018.

3. Нацеленность на результат // Транспорт России. — 2018. — 21–27 мая. — № 21. — С. 1.

4. Amin M. Railway across the equator: The story of the East African line. — L.: Bodley head, 1986. — 192 p.

5. Brown D. Hear that lonesome whistle blow: Railroads in the West. — N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, 1977. — 311 p.

6. Chalmers D. M. Neither socialism nor monopoly: Theodore Roosevelt and the decision to regulate the railroads. — Philadelphia: Lippincott, 1976. — 121 p.

7. Gallamore R., Meyer J. American Railroads: Decline and Renaissance in the 20<sup>th</sup> Century. — Cambridge. — MA: Harvard University Press, 2014. — 506 p.

8. Innis H. A. A history of the Canadian pacific railway. — Toronto: University of Toronto press, 1971. — 365 p.

9. Lewis R. L. Transforming the Appalachian countryside: Railroads, deforestation, and social change in West Virginia, 1880–1920. — L.: University of North Carolina press, 1998. — 348 p.

10. Meunier J. On the fast track: French railway modernization and the origins of the TGV, 1944–1983. — L.: Praeger, 2002. — 255 p.

11. Regehr T. D. The Canadian Northern railway: Pioneer road of the Northern prairies, 1895–1918. — Toronto: Maclean-Hunter press, 1976. — 543 p.

12. Rolt L. Th. C., Stephenson G., Stephenson R. The railway revolution. — L.: Penguin books, 1988. — 356 p.

13. Westwood J. The historical atlas of world railroads. — N.Y.: A Firefly Book, 2009. — 400 p. ●

Координаты авторов: Горбунов А. А. — 171950@rambler.ru, Федякин А. В. — avf2010@yandex.ru, Федякин И. В. — fedyakin\_iv@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 10.01.2019, принята к публикации 19.04.2019.



## HISTORY OF TRANSPORT: INNOVATIVE DIMENSION OF A TRADITIONAL EDUCATIONAL COURSE

**Gorbunov, Alexander A.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

**Fedyakin, Aleksey V.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

**Fedyakin, Ivan V.**, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

### ABSTRACT

The article considers the current state and prospects for development of the history of transport as an academic discipline, the study of which is an integral part of training of specialists for the industry. Based on its understanding as of an interdisciplinary scientific field and integrative training course, the authors propose approaches to solving theoretical and methodological problems, and also show its

significant heuristic potential, which allows to give answers to current challenges met by the transport sector. Special attention is paid to the issues of defining the boundaries of the subject field of the history of transport, the organic combination of the general transport and specific aspects met by the content of this academic discipline, as well as to the particularities of the global, national and regional levels of the genesis and evolution of transport.

**Keywords:** history of transport, transport science, interdisciplinary approach, traditions and innovations, higher education, staff training.

**Background.** *It would not be an exaggeration to assert that the discipline «History of Transport» paradoxically turned out to be on the periphery of the attention of curriculum developers in many universities, training specialists for the transport industry. This is confirmed by its absence in the curriculum of a significant number of transport training courses and by the very modest number of relevant educational materials found in the electronic catalogs of leading Russian libraries and at industry-specific educational portals. On the other hand, in the world there are countless publications on the history of transport [4–13] – from scientific fundamental to popular children’s editions, that objectively reflects the continued and great interest in this topic. Another question is how this array of publications can serve as a model for educational tasks.*

Meanwhile, the history of transport, on the one hand, as a complex interdisciplinary scientific field, on the other hand, as a polystructural and invariant academic discipline, becomes an integral part of transport education in modern conditions, reveals a huge heuristic potential. Indeed, as was very fairly noted by the Minister of Transport of the Russian Federation E. I. Dietrich at a meeting of the Coordinating Council on Transport Education on October 25, 2018. «The progressive development of new professions, knowledge and skills is a prerequisite for moving the transport industry forward. At the same time, the system of higher professional education should be focused on the needs of the industry, on the needs of transport organizations – the future employers of our students» [1].

What are the reasons for such a paradoxical attitude to the history of transport?

**Objective.** *The objective of the authors is to consider history of transport as a part of curricula in modern education process.*

**Methods.** *The authors use general scientific methods, comparative analysis, evaluation approach, scientific description.*

**Results.** *First of all, attention is drawn to the ongoing for quite a long period and sometimes sluggish discussion about the «belonging» of the history of transport to one or another block of disciplines and, accordingly, to the subject fields of science: engineering or social and humanities sciences. A practical reflection of the opposing positions of the participants in this dispute is the content of the programs of this training course. In the first case, the emphasis is on the genesis and*

*evolution of a specific transport equipment, machines, units, components, parts, etc. (for example, the history of aircraft manufacturing, locomotives, cars, etc.), attention focuses solely on technical and technological aspects, thus transport becomes a «thing in itself» and «for oneself». In the second case, as a rule, an attempt is made to cover a wide historical context, often beyond the scope of the transport problem itself and sometimes affecting such a large number of problems that the course of transport history actually turns into a course of domestic and even universal history.*

Both of these approaches, with their possible usefulness in relation to the solution of particular problems within a particular area of training or a specialty, do not allow graduates of transport universities to fully master the general cultural and professional competencies. Moreover, they form a polarized and at the same time fragmentary, simplified vision of an objective picture of the world that does not correspond to modern reality, either through the prism of technological determinism or from the standpoint of social universalism.

In particular, in the first case described above, when studying the history of transport, there is inevitably a lurch towards extremes such as primitive technicalism, radical technocracy, which turns into dangerous illusions about the omnipotence of technology and technology that eliminates the so-called «human factor». At the same time, the transport specificity itself is often emasculated, the disclosure of the logic of formation and development of the industry in the whole diversity of its constituent elements is replaced by attempts to trace certain aspects of scientific and technological progress, to limit it to the listing of individual inventions – steam engine, electric traction, etc. It is not surprising that the chronological principle of presentation is often violated, single and random phenomena are presented as generally valid and stable trends, private discoveries and individual improvements fit into the sometimes historic logic that is rather artificially driven by them, on the basis of which rather unconvincing conclusions are drawn about high development of some transport systems and corresponding approaches to organization of the transport process and underdevelopment and inefficiency of others, etc.

In the second case, the linear paradigm of analysis becomes the linear pattern of development of human civilization, the axiomatic nature of its general historical

model, which entails ignoring both national and local specifics, as well as features of genesis and evolution of modes of transport. At the same time, in an attempt to overcome these extremes, many authors directly or indirectly generate others: either turn the analysis of the history of transport into the apologetics of the «special way» of its development (in a given country, region, etc.), or «pull out» one or another mode of transport from the system-wide context, ignore the general transport imperatives, forget about the specific circumstances of place and time, etc. As a result, one has to deal with a lengthy and not very lengthy justification for all sorts of ideas about possibility of simply copying external ideas, about self-sufficiency of a particular mode of transport and the need for its priority development. All those approaches are presented in an expressive form, but are not quite scientific in content.

In addition, more and more often, to our deep regret, we meet an approach to the historical aspects of the study of the transport, pretending that history has nothing to do with the innovative dimensions of its transport developments that are in demand today. Why, they say, this whole story (as well as theory), if it does not give answers to the most urgent questions about how to reduce transport costs, make transport more profitable within the national economy, etc.? Where is the key to implementation of such priority areas of the industry, as its digitalization, integration of various modes of transport on a «seamless» basis, and others? Where, finally, is its practice orientation, is there any demand for it expressed by specific modes of transport? Undoubtedly, these questions are sharp. But giving answers that claim unambiguity without understanding the essence of the problem would be completely wrong.

We believe that in today's conditions, when transport becomes the driving force of social development in all senses of the word, affecting various aspects of society's life, as well as one of the most important factors and at the same time an instrument of the state's internal and foreign policy, it's time to draw a line under the long and unproductive debate on the ontological status of the history of transport (including its place and «number» in the curriculum ranking grid). It is necessary to determine its object, to delineate the boundaries of the objective field, to identify possible interdisciplinary relationships of the discipline, etc. This is especially important for the Russian transport education and science – areas that are assigned with strategically significant tasks related to implementation of national priorities. After all, «for development of cities and towns, business growth, ensuring the «connectedness» of the country, we need to literally «flash» the entire territory of Russia with modern ways of transportation» [2].

In our opinion, the history of transport in its content should integrate both general transport measurements and cross-transport aspects, as well as the specifics of certain modes of transport. It is in this integrative quality that this academic discipline today allows us to reach a fundamentally new level of scientific analysis, significantly enriching the study of genesis and evolution of transport as a general phenomenon characteristic of the historical development of all human civilization, revealing the features characteristic of its individual species. It is clear, for example, that the process of the emergence of railways and aviation, finding its general historical background in the objective need to move a large number of people and goods over considerable

distances, however, demonstrates a set of specific reasons that caused the genesis of only one of these modes of transport of common use, as well as the trajectory of its subsequent evolution. For example, a significant number of spatially dispersed objects of production infrastructure, linear nature of operation, year-round and all-weather conditions, etc., are characteristic of railway transport.

In practice, the profiling of the discipline «History of Transport» in relation to a particular mode of transport can be embodied by highlighting separate modules, sections and topics in its structure, that reveal the corresponding didactic units in the volume necessary for a particular area of training (specialty).

Such an approach to transport, as, if you like, «to a higher order system», in the context of studying its history, will make it possible to more clearly see the facts, events, circumstances that served as the primary basis for deployment of certain processes in individual subsystems – transport modes, transport sectors activities, became impulses for originating and development of subsequent general historical trends, determined their logics, dynamics, direction. Thus, the history of transport appears as a multidimensional, multi-factorial and polysubject process, reflecting complexity and inconsistency of formation and evolution of a given sphere of social relations and related fields of science and technology.

Comprehension of this process in all its unity and diversity of its forms and manifestations becomes an integral component of training for the industry of highly qualified representatives of various transport professions, and – equally important – of bringing up a widely educated, harmoniously developed and creative person, who is a modern person of society.

Integrating the general transport aspects and the particularities of modes of transport, the history of transport allows us to move from statics to dynamics, from the past and the present to the future, from describing what happened and stating what is available to the field of forecasting and goal setting. In other words, the potential of the history of transport as of a scientific field and academic discipline is not limited to develop a factual core, collect the most extensive set of data, characteristics, dates and other historical information, and then to build on this basis a set of statements and conclusions of theoretical and methodological order, claiming to be complete and unambiguous.

The task of the history of transport is, based on systematization of the available historical information on development of transport in general and its individual modes in particular, in the relevant spatial and temporal conditions of the past, as well as on the comprehensive analysis and comprehensive synthesis of assessments and interpretations of this information formulated to date in the scientific literature, to propose a multidimensional conceptual-analytical model of the vision of the future, to reach through retrospective analysis the capacity to design perspectives. In other words, while «looking» back, the task is to start a confident movement forward. This is the significant heuristic potential of the history of transport, its innovativeness for scientific theory and practice, including production and management.

Another important point is that integration of the history of transport, and a viewing of the subject of its research as of a system-wide phenomenon allows focusing on specific spatial features of transport development in general and of its individual modes in particular, to identify the specificity of genesis and



evolution of transport systems and their relevant elements within individual states, regions, municipalities.

The development of transport cannot be divorced from its historical «soil», from that particular place of geographical space, where at a certain stage of evolution of mankind objective needs for movement arose, which, as they are understood, brought about relevant ideas, inventions, and then gave rise to attempts of their implementation. Moreover, it is not possible to talk about the prospects of transport in general, and even more so to plan the main directions and set targets for its development, without taking into account the realities and needs of individual territorial entities, specific cities and rural settlements, the volume of their resources, points and growth limits. For Russia – the country with a vast territory, distinguished by significant interregional contrasts and imbalances, including in development of transport infrastructure – this is especially important.

Such an emphasis in the content of the history of transport will contribute to training of staff, to one degree or another mastering deep knowledge of transport and, all other things being equal, able to work in any industry enterprises and adjacent sectors, as well as within a wide range of occupations, both in engineering and humanities fields. Highly qualified specialists trained in this way will be able to confidently orient themselves in the complex issues of particular regions and cities, to satisfy the demands of municipalities, various types of territories regarding development of transport and the corresponding transport infrastructure. Moreover, the requests are not only current, but also promising, taking into account potential resource capabilities and limitations, the dynamics of interregional relations, the vectors of cross-border cooperation of various spatial entities.

In the content of the discipline «History of Transport», it is expedient to focus on the study of the nationwide specifics of its formation and development along with global trends. Knowledge of the historical prerequisites and factors of the genesis of the national transport system, understanding of the conditions and trends of its evolution in different periods of history, the ability to identify the driving forces of its growth, as well as possession of skills of disclosing causal relationships between the adopted political and administrative decisions and the dynamics of transport development allow, in addition to other, to adequately perceive the existing national realities in this field and to develop a conceptually grounded vision of its future. The basis of this lies in the rational-critical perception of domestic experience, in an objective assessment of the possibilities and limits of the use of foreign practices, as well as in their balanced combination.

Moreover, the inclusion in the content of this discipline of sections covering formation and development of Russian transport and its specific modes, showing the historical role of the transport complex at the turning points of the past, deepening and expanding knowledge of industry achievements in various periods, will have a stimulating effect on the growth of the interest of future graduates to study the history of their country, native land, city, district. At the same time, the study of the history of domestic transport is the key to formation of the corporate identity of representatives of the transport industry, one of the most effective ways of maintaining continuity between older and younger generations of employees in this field. It is thanks to this that it is

possible to instill in yesterday's graduates who are just starting to perform their official duties, a sense of responsibility for the assigned work, as well as observance of order and maintenance of production discipline in transport, the smooth and safe work of which affects the lives and health of millions of people.

As for the discussion mentioned at the very beginning of the article concerning the belonging of the history of transport to technical or human sciences (in its essence rooted in the dispute between so-called «physicists» and «lyricists»), our principled position in this regard is as follows.

Since historically emergence and development of a particular mode of transport was ultimately a response to a request received from society in a specific period of time, the task of transport history is to trace the course and nature of formation of this request, stages of its understanding by scientific and social thought, reaction to it by the state, other social and economic entities that determine the priorities and directions of transport development. And all this is the most social and human dimension of the history of transport. Its technical dimension – scientific research and experimentation, engineering solutions and discoveries, development and testing of new types of equipment, changes in industrial design as an answer to a public inquiry – is certainly important, but studying it in this case is of an auxiliary nature, with an emphasis on the relevance of the technical response in its form and content to the expectations and needs of society.

We proceed from the fact that no convincing and full-fledged alternative to the humanistic paradigm has been found yet, and according to it, the man is the primary element in the «man-machine» system. As E. I. Dietrich, Minister of Transport of the Russian Federation, quite aptly put it: «People do not exist for transport, but transport exists for people. This should be for us, transport employees, the main source principle. And this is precisely what the state policy in the field of transport is aimed at today» [3].

Moreover, with all the omnipotence of technology, domination of technological progress, dominance of scientific rationality, seen by some authors, they should not forget that the last word still belongs to society. If society and its individual members – politicians, scientists, public figures, ordinary individuals – are ready for innovation, for a positive perception of technical innovations and improvements, then the latter will become an integral part of social life. If a society is not ready for changes, it looks with caution at unusual (in terms of established approaches) engineering solutions, ironically or critically perceives inventors, or is so motivated, then scientific discoveries have a risk of remaining on paper and not finding practical use, or even being rejected, and their authors are subjected to all kinds of persecutions and harassment. The history of mankind is replete with examples of how the emergence of technological innovations that are of the same nature as technical innovations, improvements, discoveries, including in the field of transport, led to fundamentally different results and entailed completely different consequences for their development.

It is known, for example, that the world's first two-cylinder steam engine was designed by Russian inventor I. I. Polzunov in 1763–1765 – almost a decade earlier than creation of a similar device by J. Watt. However, in Russia at that time, unlike in England, the labour of serfs was considered more economically viable, than mechanization of production in order to



increase its efficiency. As a result, the invention of Polzunov gave absolutely nothing for development of the country in that historical period. Neither the purchase of steam excavators abroad did increase the pace of construction of the railway from St. Petersburg to Moscow in the middle of the 19<sup>th</sup> century, they were simply put out of action. The volume of land work they did was amenable to accurate accounting, in contrast to the labour of the same serfs, whose indicators became the subject of various manipulations and tricks by contractors who sought to lower its final cost under various pretexts.

Another example is the fierce resistance of Moscow's possessing classes and bureaucrats to the ideas of building in the city of such an advanced mode of transport as the metro. All subway projects from the second half of 19<sup>th</sup> century until 1917 were decisively rejected, sometimes with the active use of near-religious rhetoric («the sin of digging in the underworld», etc.), just because their implementation would have made available for living of wide circles of the population the outskirts of Moscow, that could have resulted in reduction of costs of rental housing in apartment buildings in the downtown. This can also be attributed to the fierce discussions that unfolded at that time in the ruling circles and Moscow media regarding feasibility of building of ring railway, as well as connecting the existing lines to organize transit passenger traffic through the city. Only in our time, these ideas are embodied in the already functioning Moscow central circle and Moscow central diameters being engineered (see *World of Transport and Transportation*, Iss. 6 (2018)).

And now not all innovative ideas in the field of transport development find a uniquely positive response among various categories of the public. In many Western European countries, it is often necessary to convince (including through large-scale PR-actions and information campaigns in the media) residents of the settlements, through which it is planned to lay high-speed rail lines, of expediency of their construction. Or, for example, introduction of advanced technologies (including digital, range, unmanned, etc.), which inevitably entails reduction in the number of employees maintaining the transport infrastructure, is becoming a factor of concern for many representatives of the industry, and that has obvious reasons.

In other words, the history of transport should not focus only on the processes associated with creation, testing, implementation of transport equipment and related technologies, but on highlighting the main stages of scientific research in the transport sector. It is intended primarily to reveal time and space, the degree of readiness of society in general and its individual layers and groups, in particular, for evolutionary and revolutionary changes in the field of transport, one way or another affecting their livelihoods, to identify the main reasons for this, as well as to show the invariant nature of development of transport, its dependence on the actions of various social actors, social forces.

**Conclusion.** Summing up our analysis, we can draw the following conclusions and generalizations.

The history of transport is an interdisciplinary scientific field and a comprehensive academic discipline that studies the genesis and evolution of transport in general and the main modes of public transport, in particular, in specific historical world, under national regional and local conditions. Its purpose is to reveal the main prerequisites of a socio-natural and technical-technological nature, which have determined the course, dynamics and direction of development of transport and its respective modes, as well as to identify public and state needs for various types of transportation in relevant historical periods and their impact on further development of transport systems of regions, countries and the world at large.

The subject field of the history of transport is formed by the intersection of, on the one hand, such areas of historical science as universal history (study of fundamental problems of the world-historical process, coverage of historical reality in its specific aspects), history of science and technology (history of discoveries in the transport sphere, main trends of evolution of theoretical and applied transport research, formation and development of transport infrastructure facilities), as well as national history (studying the past of the country and its peoples, disclosure of the main activities of society and the state in the field of transport and related areas, analysis of totality of relevant facts and phenomena), on the other hand, of a number of areas of transport science, in particular, of general theory of transport (transport as technical phenomenon, its role and importance, features of functioning), transport systems (levels of integration of various modes of



transport, their interaction in specific conditions), transport management (transport administration models, transportation process stages and management specificity) etc. These areas and directions of scientific knowledge serve as a theoretical, methodological and factual basis for the history of transport.

At the same time, this does not mean that the history of transport is meaningfully a simple sum of «histories» of transport science and technology, economics of transport, and transport policy that took place in individual countries or regions in certain eras. The history of transport is a single spatio-temporal continuum, affecting the corresponding – directly or indirectly related to the phenomenon of transport and transportation – part of the past of human civilization, the present and future of this phenomenon being its logical and chronological continuation. And because of this the history of transport is inextricably rooted within a wide context of social, humanities and natural sciences, in one way or another interacting with a significant number of relevant research areas.

In the structure of the subject «History of Transport» there are at least four large problem-thematic blocks, each of which, taking into account the goals and priorities of a particular field of study, can be turned into an independent field of research with its own specifics:

- general history of transport, which considers the issues of genesis and evolution of the transport industry as a whole, specific historical background and conditions of scientific and technological progress in transport, factors of emergence and progress of introduction of transport innovations;
- history of the mode of transport (rail, road, air, sea), considering the ways of development of the relevant mode of public transport, general historical contexts and specific factors of its formation, development trends;
- history of domestic transport, considering the course and nature of formation of transport within the country, in our case within Russia, features of formation of the national transport system, the stages of its evolution, domestic traditions and the features of transport development;
- history of a region's transport (city, economic region, federal district), considering genesis and evolution of the transport system as a whole and its individual elements in particular within the framework of a specific spatial (administrative-territorial, etc.) entity.

Such an approach, in our opinion, seems to be universal, applied to all countries.

Being an interdisciplinary scientific field, the history of transport can be an incentive for deployment of a number of general and particular theoretical and applied researches in the field of transport problems, including search for optimal models for development of national and regional transport systems, development of effective tools for modernization of transport and logistics infrastructure, introduction of

innovative technologies to the transportation process, ensuring transport safety and security, development of effective mechanisms of private-public partnership.

As a complex academic discipline, the history of transport integrates a number of important links within the educational process in the transport university, fundamental and applied specialized knowledge. It is designed to facilitate training of staff for the transport industry, fully owning the necessary set of highly demanded competencies in modern conditions (including creativity, willingness to work in a team, project thinking), while it is also able to creatively implement them in the course of their professional activities.

## REFERENCES

1. The Ministry of Transport of Russia discussed the priorities for development of transport education [V Mintrane Rossii obsudili prioritnie napravleniya razvitiya transportnogo obrazovaniya]. Website of the Ministry of Transport of Russia. [Electronic resource]: <https://www.mintrans.ru/press-center/news/8872>. Last accessed 26.10.2018.
2. Message from the President of the Russian Federation to the Federal Assembly of the Russian Federation. March 1, 2018 [Poslanie Prezidenta RF Federalnomu Sobraniyu Rossiiskoi Federatsii. 1 marta 2018]. Official website of the President of the Russian Federation. [Electronic resource]: <http://kremlin.ru/events/president/news/56957>. Last accessed 10.03.2018.
3. Focus on results [Naiselennost' na rezul'tat]. *Transport Rossii*, 2018, 21–27 May, Iss. 21, p. 1.
4. Amin, M. Railway across the equator: The story of the East African line. L.: Bodley head, 1986, 192 p.
5. Brown, D. Hear that lonesome whistle blow: Railroads in the West. N.Y.: Holt, Rinehart and Winston, 1977, 311 p.
6. Chalmers, D. M. Neither socialism nor monopoly: Theodore Roosevelt and the decision to regulate the railroads, Philadelphia, Lippincott, 1976, 121 p.
7. Gallamore, R., Meyer, J. American Railroads: Decline and Renaissance in the 20<sup>th</sup> Century. Cambridge, Harvard University Press, 2014, 506 p.
8. Innis, H. A. A history of the Canadian pacific railway. Toronto: University of Toronto press, 1971, 365 p.
9. Lewis, R. L. Transforming the Appalachian countryside: Railroads, deforestation, and social change in West Virginia, 1880–1920. University of North Carolina press, 1998, 348 p.
10. Meunier, J. On the fast track: French railway modernization and the origins of the TGV, 1944–1983. Praeger, 2002, 255 p.
11. Regehr, T. D. The Canadian Northern railway: Pioneer road of the Northern prairies, 1895–1918. Toronto, Maclean-Hunter press, 1976, 543 p.
12. Rolt, L. Th. C., Stephenson, G., Stephenson, R. The railway revolution. Penguin books, 1988, 356 p.
13. Westwood, J. The historical atlas of world railroads. N.Y., A Firefly Book, 2009, 400 p. ●

Information about the authors:

**Gorbunov, Alexander A.** – D.Sc. (Politics), professor, director of the Humanities Institute of Russian University of Transport, Moscow, Russia, 171950@rambler.ru.

**Fedyakin, Aleksey V.** – D.Sc. (Politics), professor, head of the department of Political Science, History and Social Technologies of Russian University of Transport, Moscow, Russia, avf2010@yandex.ru.

**Fedyakin, Ivan V.** – D.Sc. (Politics), associate professor, professor of the department of Political Science, History and Social Technologies of Russian University of Transport, Moscow, Russia, fedyakin\_iv@mail.ru.

Article received 10.01.2019, accepted 19.04.2019.

# T

## ГАЛЕРЕЯ ИМЁН 274

*Борис Розинг.  
На его изобретения смотрят  
все. Об их авторе знают  
единицы.*



## ПРЕСС-АРХИВ 287

*Почему в Америке так часто  
ломались рельсы.*

## КРУГЛАЯ ДАТА 292

*Пароход Фултона:  
11.02.1809 года.*

## ВОССТАНОВЛЕННАЯ ИСТОРИЯ 294

*Московский Северный  
речной вокзал.*

### КОЛЕСО ИСТОРИИ • HISTORY WHEEL



## GALLERY OF NAMES 274

*Boris Rosing. Everybody  
watches his inventions, but very  
few know about their author.*

## PRESS ARCHIVE 287

*Broken rails: why it occurred so  
frequently in America?*

## ANNIVERSARY 292

*Fulton's steam-boat:  
11.02.1809.*

## RECONSTRUCTION OF THE HISTORY 294

*Moscow Northern river station.*





# История одного изобретения. Борис Розинг



Николай ГРИГОРЬЕВ

Nikolai D. GRIGORIEV

*Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики транспорта Российского университета транспорта, Москва, Россия.*

## The History of an Invention: Boris Rosing

*(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 282)*

**Этим изобретением ежедневно пользуются миллиарды землян. А имя профессора Санкт-Петербургского технологического института Бориса Львовича Розинга, 150 лет со дня рождения которого отмечается в этом году, мало кто знает. Все современные телевизоры до сих пор работают по принципам, придуманным Розингом. В своих дневниках его ученик – Владимир Зворыкин – всегда указывал на то, что лишь воплотил в жизнь идею Розинга.**

*Ключевые слова: Розинг, история техники, телевидение, гистерезис, развёртка, электро-лучевая трубка, кинескоп.*

**Б**орис Львович Розинг родился 5 мая (23 апреля по старому стилю) 1869 г. в Санкт-Петербурге в семье государственного чиновника, действительного статского советника особых поручений при начальнике Главного штаба военного управления [1–9]. Как писал Борис Львович в своей автобиографии: «...Мой предок, Иван Розинг, служивший при Павле, происходит, как это видно из формулярного списка, из «аптекарьских детей». Так как аптекарскими детьми назывались в те времена потомки тех химиков, минералогов и других учёных-иностранцев, которые были приглашены Петром I в Россию для развития науки и техники, то я вижу в этом своём происхождении некоторое объяснение того стремления и тяги к точным наукам, которое непрерывно чувствовал в себе со своего раннего возраста».

В 1887 г. после окончания с золотой медалью гимназии он поступил на физико-математический факультет Санкт-Петербургского университета. Студент активно участвовал в работе семинара по физике и неоднократно выступал с докладами. В 1891 г. после окончания университета с дипломом первой степени его оставили при кафедре физики на два года для под-



готовки к научно-педагогической деятельности и к профессорскому званию.

Розинг темой своей диссертации выбрал исследование явлений, происходящих в веществе при перемагничивании. В первой научной статье «О магнитном движении вещества», опубликованной в 1892 г. в журнале Русского физико-химического общества, он изложил динамическую теорию магнетизма простых, кристаллических и ферромагнитных тел на основании созданного английскими физиками Д. К. Максвеллом и Д. Д. Томсоном метода физических координат и применения к ним Лагранжевых уравнений. В статье было объяснено явление намагничивания железа и магнитного гистерезиса в нём и предсказано его существование для диамагнитных тел, имеющих отрицательное значение относительной магнитной проницаемости. Б. Розингом было высказано предположение о существовании в ферромагнитных телах молекулярного магнитного поля, создаваемого молекулярными токами. Через серию экспериментальных работ по исследованию явления магнитострикции (изменения длины железных проволок, помещённых в циклически меняющееся магнитное поле) ему удалось обнаружить (одновременно с японским физиком Х. Нагаока) гистерезис в изменениях длины проволок при их перемагничивании и вывести формулу удлинения проволоки. Он проводил также исследования явления термоэлектрического тока в цепи, состоящей из двух разнородных металлов, которые явились подтверждением теории термоэлектричества немецкого физика Ф. В. Г. Кольрауша.

На кафедре физики Санкт-Петербургского университета не было вакансии ассистента, и в 1893 г. после присвоения ученого звания кандидата наук Розинг принял предложение другого учебного заведения — Санкт-Петербургского технологического института занять должность лаборанта кафедры физики для ведения практических занятий и руководства лабораторными работами студентов в кабинете. В 1898 г. его избрали на должность преподавателя для чтения лекций и проведения практических занятий по электричеству и электрометрии (электрическим измерениям), а в 1909 г. — деканом электромеханического факультета.



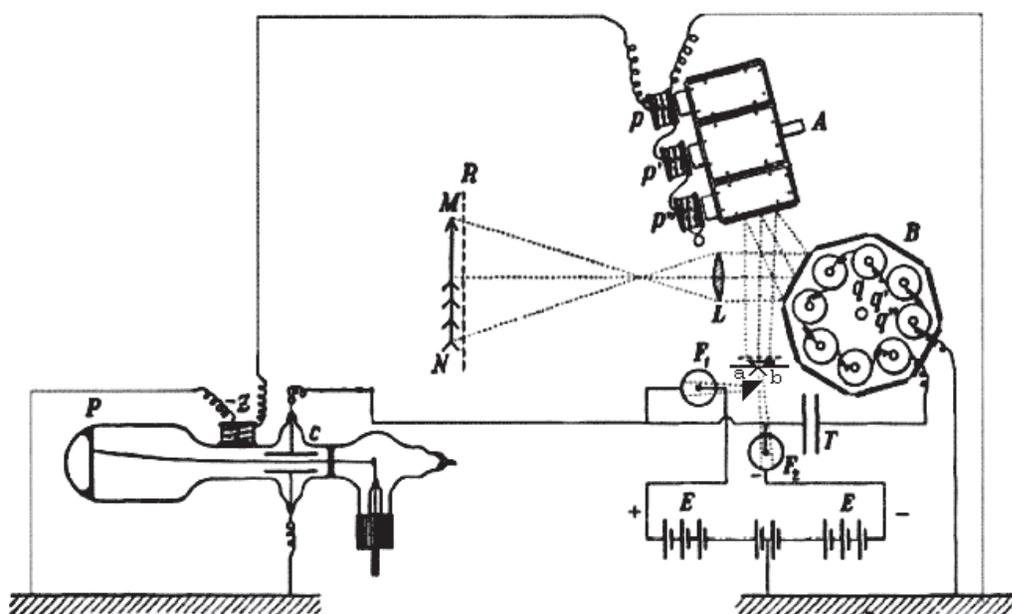
Одновременно с 1894 г. он преподавал физику и заведовал физическим кабинетом в Константиновском артиллерийском училище в Санкт-Петербурге. Здесь преподаватель электротехники Константин Дмитриевич Перский, с которым он был знаком по технологическому институту, заинтересовал его проблемой передачи изображений на расстояние.

С 1906 г. преподаватель читал лекции по электрическим и магнитным измерениям на Женских политехнических курсах (в 1915 г. были преобразованы в Женский политехнический институт), где с 1907 по 1917 год занимал должность декана электромеханического факультета.

В 1894—1900 годах Розинг разработал новую систему аккумуляторов с подвижным слоем электролита, создал систему электрической сигнализации с автоматическими выключателями для командных телеграфов, пожарной сигнализации и телефонных станций, занимался вопросами экономичного превращения тепловой энергии в электрическую и электрической в тепловую.

К тому времени были известны проекты телевизионных систем, основу которых составляли механические устройства для разложения (развёртки) изображения на элементы и селеновые фотосопротивления, применявшиеся в качестве светоэлект-





Второй вариант экспериментальной телевизионной системы Б.Л. Розинга

рических преобразователей. Но ни одна из систем механического телевидения не была реализована практически. С 1897 г. несколько лет он потратил на эксперименты с механическими и электрохимическими системами передачи изображения и пришёл к выводу, что практическая телевизионная система должна строиться не на инертных оптико-механических устройствах, а на безинерционных системах. Наблюдая, как электронный луч осциллографа вычерчивает на экране катодной трубки, изобретённой в 1879 г. немецким физиком К. Ф. Брауном, сложные светящиеся фигуры, у него возникла идея об использовании электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) в качестве безинерционного устройства для воспроизведения изображений в телевизионной системе. Но изображение передаваемого объекта могло возникнуть на экране ЭЛТ только в том случае, если ток фотоэлемента будет влиять на интенсивность катодного луча и, следовательно, на яркость светящегося пятна. В трубку Брауна были внесены изменения. Электронный луч по вертикали и горизонтали отклонялся магнитными полями от двух пар взаимно перпендикулярных катушек, а сигнал от фотоэлемента подавался на пластины конденсатора, помещённого в трубку между двумя диафрагмами. Элект-

рическое поле внутри конденсатора должно было отклонять луч по вертикали при изменении напряжения сигнала, вследствие чего должно было варьироваться количество электронов, проходящих на экран через отверстие в диафрагме. Из-за этого должны происходить яркостная модуляция тока электронного луча и изменяться яркость свечения точек экрана.

Это предположение было проверено им на практике в 1902 г. Была применена осциллографическая ЭЛТ в приёмном устройстве системы передачи изображений. Сигналы на трубку поступали от передающего устройства в виде электролитической ванны с четырьмя электродами, соединёнными с отклоняющими катушками ЭЛТ. Роль светового луча выполнял металлический стержень, перемещаемый по слою электролита в ванне. Движение электронного луча по экрану трубки повторяло все движения металлического стержня, и светящееся пятно на экране вычерчивало буквы и другие фигуры.

Затем для передачи и воспроизведения движущихся изображений с различной яркостью отдельных элементов (полутонных изображений) им был найден способ модуляции интенсивности электронного пучка трубки путём изменения количества электронов, попадающих на экран,

в соответствии с изменением яркости элементов передаваемого изображения. Так был получен прообраз кинескопа. Сконструированная им система из двух многогранных зеркальных барабанов с горизонтальной и вертикальной осями, вращающимися с разными скоростями, позволяла проецировать световые лучи отдельных участков передаваемого изображения на фотоприёмник. Преобразование в передающем устройстве изображения в электрические сигналы осуществлялось не селеновым фотосопротивлением, а щелочным фотоэлементом с внешним фотоэффектом, открытым А. Г. Столетовым [10].

В 1907 г. Борис Розинг подал патентные заявки в три страны на изобретение «Способ электрической передачи изображений на расстояние». В 1908 и 1909 годах открытие нового способа приёма изображений в телевидении подтвердили патенты «Новый или улучшенный метод электрической передачи на расстояние изображений и аппаратура такой передачи» и «Способ электрической передачи изображений с приёмом изображений при помощи электроннолучевой трубки», выданные ему в Англии и Германии. Способ приёма телевизионных изображений и применение ЭЛТ в телевизионной системе были закреплены в российской привилегии № 18076, полученной им в 1910 г.

Являясь членом Русского технического и Русского физико-химического обществ, он входил в состав различных комиссий, выступал с публичными докладами «Об электрической телескопии и об одном возможном способе её выполнения». Изобретатель телевидения принимал участие в дискуссиях и сообщениях в печати [11, 12]. Им были определены основные требования к «электрической телескопии» (термина «телевидение» ещё не существовало) при передаче изображения подвижных предметов. Чтобы получить в глазу наблюдателя цельное изображение, необходимо за время менее 0,1 секунды передать в приёмник сигналы от всех точек изображения. При такой скорости светочувствительность передающего устройства должна быть очень большой, требуется также высокая точность синхронизации развёрток изображения в передатчике и приёмнике.



Учёный с 1906 по 1918 годы был членом редакционной коллегии журнала «Электричество», где на протяжении многих лет печатались его рефераты и рецензии на иностранные книги по физике, теоретической электротехнике, электрическим измерениям, химическим источникам тока.

Розинг с целью повышения чувствительности и увеличения яркости свечения экрана применил новый вид модуляции электронного пучка в ЭЛТ с использованием на выходе фотоэлемента пульсирующего фототока, который можно было усиливать посредством явления резонанса. В последующих работах им была применена модуляция скорости движения электронного луча по экрану без изменения его тока. Метод был основан на зависимости яркости светящегося пятна на экране ЭЛТ от длительности свечения. С уменьшением длительности пятно воспринималось глазом как менее яркое. Для такой модуляции в трубку были введены отклоняющие по строкам пластины. На них подавалось напряжение вместе с сигналом от фотоэлемента в такой полярности, что при малых сигналах скорость движения луча по экрану увеличивалась, и экран светился слабо, и наоборот. В мае 1911 г. на заседании Русского технического общества он и его ассистент студент В. К. Зворыкин, ставший выдающимся учёным [13], осуществили первую в мире телевизионную передачу на расстояние примитивных сигналов в виде ряда точек, простых линий и изображения решётки, состоявшей из четырёх полос, помещённой перед объективом передатчи-



ка. Чтобы на экране приёмного устройства было видно такое же изображение, как в передающем приборе, изобретатель построил электромагнитное развёртывающее устройство с числом строк 12 (в современных телевизионных приёмниках Японии число строк 1125).

Выдвинутая им идея использования системы ЭЛТ в приёмном аппарате и развёртки (построчной передачи) была практически воплощена в жизнь [14–16]. В 1911 г. усовершенствованное телевизионное приспособление, использующее модуляцию скорости электронного пучка, он запатентовал в России (русская привилегия № 24469), Германии (патент № 244746), Англии (патент № 5486) и США (патент № 1161734).

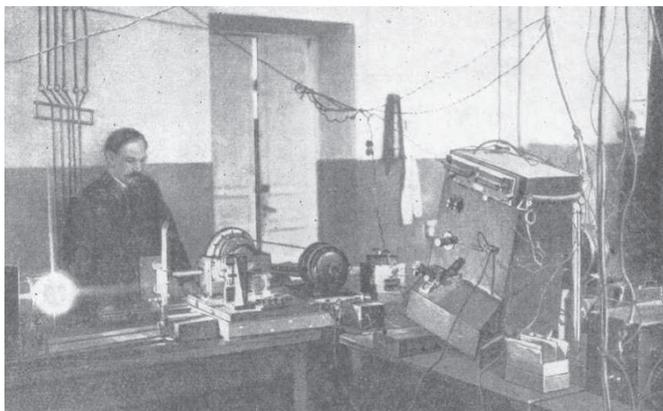
За изобретение телевидения, величайшего научно-технического достижения в области электротехники по передаче изображений на расстояние Российское техническое общество в 1912 г. наградило его Золотой медалью и премией имени почётного члена Общества К. Ф. Сименса. Лауреаты этой премии включались в энциклопедии и справочники многих стран.

«В сущности Б. Л. Розинг опередил своё время. Система, над которой он работал, требовала многих деталей, ещё не получивших разработки. В тот период фотоэлементы, необходимые для преобразования света в электрическую энергию, находились в стадии младенчества. Хотя в литературе уже были описаны калиевые фотоэлементы, единственным способом получить их было изготовление собственными силами. Вакуумная техника была крайне примитивной, и для получения нужного вакуума требовалось невероятное количество времени. Имевшиеся у нас вакуумные насосы были ручными, и не раз нам приходилось по несколько часов поднимать и опускать тяжёлые сосуды со ртутью, чтобы обеспечить вакуум. Электронные усилительные лампы были только что изобретены де Форестом..., и приходилось самим искать пути их улучшения. Даже стекло для приборов было малопригодным: из-за хрупкости с ним было трудно работать. Мы были вынуждены освоить профессию стеклодува. Всё же к концу моего сотрудничества с профессором Розингом у него была действующая система, состоя-

щая из вращающихся зеркал и фотоэлемента на передающей стороне и приёмной катодной трубки с недостаточным вакуумом, которая воспроизводила расплывчатые картинки», — писал Владимир Зворыкин о своём учителе.

Как появился термин «телевидение»? Практически до середины 30-х годов XX века учёными использовались слова: «дальновидение», «телефотография», «телевизирование», «электровидение», «электрическая телескопия». В 1936 году в СССР вышли научные труды под названиями «Основы дальновидения» В. А. Гурова и «Телевидение» В. И. Архангельского. Сам Розинг придерживался термина «Электрическая телескопия». Он считал, что это словосочетание точнее отражает сущность процесса. При этом слово «телевидение» стало известно ещё при его жизни. Впервые его ввёл в научный обиход преподаватель Константиновского артиллерийского училища в Петербурге К. Д. Перский в докладе на I Всероссийском электротехническом съезде (1900 год), а затем на Международном электротехническом конгрессе в Париже.

Дальнейшая работа Розинга была направлена на усовершенствование достигнутых результатов. Молекулы газа внутри трубки Брауна препятствовали хорошей фокусировке пучка электронов, что приводило к размытости изображения. Поэтому им в 1912–1914 годах газонаполненная ЭЛТ с холодным катодом была заменена вакуумной ЭЛТ с накаливаемым катодом и магнитной фокусировкой электронного пучка. Это было первое практическое применение принципов *электронной оптики* в телевидении. Он провёл теоретическое и экспериментальное исследование фокусировки электронного пучка продольным магнитным полем и вывел расчётную формулу для определения фокусного расстояния «магнитной линзы» в зависимости от числа ампер-витков катушки. За счёт периодического заряда и разряда ёмкости линии ему удалось получить отклоняющие токи, напряжения и электронный пучок. Изобретатель совместно с преподавателем Санкт-Петербургского Женского политехнического института М. В. Ивановым разработал технологию изготовления калиевых



фотоэлементов и организовал впервые в России их производство в лабораторных масштабах.

В тревожные дни революций и преступности 1917 г. жена и дочь учёного уехали в Кубанскую область (ныне Краснодарский край). В 1918 г. во время зимних каникул в институте он решил навестить в течение двух недель семью в Екатеринодаре (ныне Краснодар). Но обстановка в условиях Гражданской войны сложилась так, что ему не удалось возвратиться в Петроград. Розинг стал работать профессором кафедры физики в Кубанском педагогическом институте. Он принял участие в организации Кубанского политехнического института (ныне Кубанский государственный технологический университет) и был назначен деканом электромеханического факультета и профессором кафедры теоретических основ электротехники этого института, позже проректором и ректором [17].

В 1920 г. учёный создал в Екатеринодаре физико-математическое общество, которое являлось членом русской физической ассоциации, и стал его председателем. Он предложил упрощённый вывод формулы планиметра Амслера (математический прибор для определения площадей плоских фигур, а также для нахождения числовых значений определённых интегралов) при помощи нового в России метода векторного анализа. Подготовил доклады «О фотоэлектрическом реле», «Преобразование основных уравнений электромагнитного поля в новую форму», «Построение теории света и световых квантов на основе общего решения уравнений электромагнитного поля Лоренца». На Кубани им

была написана книга «Электрическая телескопия (видение на расстоянии). Ближайшие задачи и достижения». Этот итоговый труд был опубликован в Петрограде в 1923 г.

В 1922 г. Розинг принял предложение второго Петроградского политехнического института занять должность профессора по курсу электрических и магнитных измерений. Он был также принят профессором физики в Женский политехнический институт. В 1924 г. он вернулся в Технологический институт (ставший Ленинградским), а также занял должность старшего научного сотрудника в Ленинградской экспериментальной электротехнической лаборатории (ЛЭЭЛ) с предоставлением отдельной лаборатории со штатом сотрудников.

В телевизионной системе им были усовершенствованы передающее и приёмное устройства, разработан ряд конструкций ЭЛТ, предложены новые способы модуляции электронного пучка. В передающем устройстве для повышения чёткости изображения число граней барабана, вращающегося вокруг горизонтальной оси, было увеличено до 48, а второй барабан заменён зеркалом, которое при помощи эксцентриков совершало колебательные движения, двигаясь в одну сторону в течение 0,1 секунды. Затем оно быстро возвращалось в исходное положение и снова начинало движение в прежнем направлении. Такая система развёртки обеспечивала правильное чередование строк без перерывов, а изображение разлагалось на 2400 элементов.

Была также изменена схема получения отклоняющего напряжения для ЭЛТ.





Оно снималось с конденсатора, соединённого с источником тока. Конденсатор заряжался за время поворота барабана на одну грань и разряжался мгновенно. К ЭЛТ подводилось напряжение пилообразной формы. В другом варианте пилообразное отклоняющее напряжение формировалось с помощью схемы с катушкой индуктивности. В лабораторных условиях можно было передавать простые изображения с чёткостью 48 строк.

Для усиления фототока в электронной системе телевидения был применён ламповый усилитель.

В ЛЭЭЛ и в Центральной лаборатории проводной связи учёный также занимался усовершенствованием галилеева бинокля, фотоэлектрическими устройствами для записи и воспроизведения звука, фотографированием звуков и фотоэлектрическими приборами для слепых, облегчающими ориентировку незрячих среди тёмных и светлых предметов.

В течение ряда лет он был экспертом по вопросам телевидения в Комитете по делам изобретений, дал «путёвку в жизнь» очень многим отечественным изобретениям. Выступая в различных печатных изданиях с обзорами достижений в области телевидения, он во многом способствовал популяризации работ учёных нашей страны.

Его педагогическая работа в технологическом институте продолжалась до ареста

в 1931 г. (с перерывом с 1918 по 1924 годы). В своей автобиографии «В назидание молодым людям» он писал: «Для успешной работы изобретатель должен обладать следующими главнейшими качествами: 1) хорошей подготовкой в области физико-математических наук, 2) большим воображением, 3) независимостью суждений и способностью не обескураживаться никакими неудачами и 4) склонностью к уединённой и напряжённой работе».

В 1930 г. Розинг объединённым государственным политическим управлением (ОГПУ) при Совете народных комиссаров (СНК) был репрессирован, арестован за финансовую помощь контрреволюционерам (дал денег в долг очень нуждавшемуся приятелю, офицеру царской армии, преподавателю Константиновского артиллерийского училища, впоследствии арестованному) и в 1931 г. сослан на три года в Котлас на лесозавод.

Ему и в ссылке удавалось читать лекции по физике, писать научно-популярные статьи в местные газеты. В 1932 г. благодаря заступничеству родственников, друзей, отечественной и зарубежной научной общности он был переведён в Архангельск без права работы. Им проводились научные эксперименты по усовершенствованию приборов для ориентировки слепых и для фоточтения в лаборатории Архангельского лесотехнического института (ныне университет) и на кафедре физики

(и педагогическая деятельность ссыльным была запрещена). В судочках заведующий кафедрой физики Пётр Петрович Покотило приносил из дома поесть сотруднику, у которого не было зарплаты и талонов на обед.

Из письма Б. Л. Розинга жене (от 18 декабря 1931 года):

«Милая Ася! Дело моё в том же положении, то есть без движения. Не знаю, останусь ли здесь, или придётся ехать назад, так как без определённых занятий и без прикрепительных листов здесь не проживёшь. На вольном рынке цены в два раза больше, чем в Котласе. <...> Вчера выяснилось, что административно высланные профессора получают здесь лекции только при одном условии, от которого я чувствую моральную тошноту почти целый день и хочу вырваться отсюда как можно скорее. Неужели это всем предлагают? <...> Может быть, если не удастся достать деньги, то пришлешь посылочку, но не из вещей, которые нужно варить, так как примус я не употребляю, между прочим, из-за недостатка керосина».

Борис Львович Розинг умер от мозгового кровоизлияния 20 апреля 1933 г. в возрасте 63 года, находясь в ссылке в Архангельске. Обстоятельства его смерти следующие. Возвращаясь на съёмную квартиру, на крутом повороте трамвай качнуло и у него из судочка содержимое еды попало на пальто сидящей рядом женщины. Дама устроила скандал, оскорбительный для учёного, а он только извинялся и пытался носовым платком почистить испачканное пальто, а дома сразу лёг в кровать, повернувшись к стене, и, сжимая голову, только повторял: «Господи, господи, за что...». На следующий день не пошёл в институт и через два дня умер. Похоронен Розинг в Архангельске на местном Вологодском кладбище.

Только в 1957 г. президиумом Ленинградского городского суда было отменено постановление выездной сессии коллегии ОГПУ на основании отсутствия состава преступления, и Розинг был полностью посмертно оправдан.

Наследием Розинга стали более 25 патентов, привилегий и авторских свидетельств, а также свыше 50 научных публикаций. В 1967 г. его, после М. В. Ломоносова, Д. И. Менделеева и А. С. Попова, внесли четвёртым по списку в плакат «10 учёных России, создавших новые направления в науке и технике».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горохов П. К. Розинг Борис Львович. Большая Советская энциклопедия. Т. 22. — 3-е изд. Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1975. — С. 178.
2. Горохов П. К. Б. Л. Розинг — Основоположник электронного телевидения. — М.: Наука, 1964. — 120 с.
3. Розинг Борис Львович. Советский энциклопедический словарь / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 1130.
4. Розинг Борис Львович. Большая Советская энциклопедия. Т. 36. — 2-е изд. Гл. ред. Б. А. Введенский. — М.: Большая Советская энциклопедия, 1955. — С. 627.
5. Шателен М. А. Русские электротехники второй половины XIX века. — Л.—М.: Государственное энергетическое издательство, 1949. — 379 с.
6. Шателен М. А. Русские электротехники XIX века. — Л.—М.: Государственное энергетическое издательство, 1955. — 432 с.
7. Истомин С. В. Самые знаменитые изобретатели России. — М.: Вече, 2000. — 469 с.
8. Шмаков П. В. Телевидение (общий курс). — М.: Издательство «Связь», 1970. — 540 с.
9. Рассказы о русском первенстве / Под общ. ред. В. И. Орлова. — М.: Молодая гвардия, 1950. — 423 с.
10. Григорьев Н. Д. Умножение движущих сил // Мир транспорта. — 2014. — № 3. — С. 238–245.
11. Розинг Б. Л. Об электрической телескопии и об одном возможном способе её выполнения // Электричество. — 1910. — № 20. — С. 535–544.
12. Розинг Б. Л. Система электрической телескопии, основанная на применении пульсирующих и переменных токов // Электричество. — 1911. — № 15. — С. 349–359.
13. Григорьев Н. Д. Луч света в электронном царстве // Мир транспорта. — 2015. — № 4. — С. 234–247.
14. Розинг Б. Л. О дальнейшем развитии электрической телескопии, работающей при помощи катодных лучей, и о новом фотоэлектрическом реле // Электричество. — 1916. — № 15–16. — С. 245–249.
15. Розинг Б. Л. О дальнейшем развитии электрической телескопии, работающей при помощи катодных лучей, и о новом фотоэлектрическом реле // Электричество. — 1916. — № 17. — С. 265–272.
16. Катаев С. И. Электрическая телескопия (к 50-летию со дня изобретения Б. Л. Розингом первого электронного телевизора) // Радиотехника. — 1957. — Т. 12. — № 7. — С. 3–8.
17. Куценко И. Я. Б. Л. Розинг — первооткрыватель электронного телевидения, основатель Кубанского политехнического института. — Майкоп: ОАО Полиграфиздат «Адыгея», 2007. — 260 с.

Координаты автора: **Григорьев Н. Д.** — +7(495) 684–21–19.

Статья поступила в редакцию 14.06.2018, принята к публикации 21.01.2019.



## THE HISTORY OF AN INVENTION: BORIS ROSING

*Grigoriev, Nikolai D., Russian University of Transport, Moscow, Russia.*

### ABSTRACT

This invention is used daily by billions of earthlings. But the name of Boris Lvovich Rosing, a professor at St. Petersburg Institute of Technology, whose 150<sup>th</sup> birthday is celebrated

this year, is not widely known. All modern TVs are still working on the principles invented by Rosing. In his diaries, his student, Vladimir Zvorykin, always pointed out that he had only implemented the idea of Rosing.

*Keywords:* Rosing, history of technology, television, hysteresis, scanning, electro-ray tube, kinescope.

**Background.** Boris Lvovich Rosing was born on May 5 (April 23, old style) in 1869 in St. Petersburg in the family of a government official, state councilor for special assignments with the Chief of the General Staff of the Military Directorate [1–9]. As Boris Lvovich wrote in his autobiography: «...My ancestor, Ivan Rosing, who served under Pavel, comes, as can be seen from the official list, from «pharmacy children». Since the pharmacy children were the descendants of those chemists, mineralogists and other foreign scientists who were invited by Peter I to Russia to develop science and technology, I see in this origin some explanation of the desire and thirst for exact sciences, which I continuously felt in myself from an early age».

**Objective.** The objective of the author is to consider life and work of the prominent Russian scientist Boris Lvovich Rosing.

**Methods.** The author uses historical retrospective method.

**Results.** In 1887, after graduating from the gymnasium with a gold medal, Rosing entered the Physics and Mathematics Faculty of St. Petersburg University. The student actively participated in the workshop on physics and repeatedly made presentations. In 1891, after graduating from university with a first degree diploma, he remained at the Department of Physics for two years to prepare for scientific and pedagogical activity and for a professorship.

Rosing chose research of phenomena occurring in a substance during magnetization reversal as the topic of his dissertation. In the first scientific article «On the Magnetic Motion of Matter», published in 1892 in the journal of the Russian Physico-Chemical Society, he outlined the dynamic theory of magnetism of simple, crystalline and ferromagnetic bodies based on the British physicists J. C. Maxwell and D. D. Thomson's method of physical coordinates and applying Lagrange equations to them. The article explained the phenomenon of magnetization of iron and magnetic hysteresis in it and predicted its existence for diamagnetic bodies having a negative relative magnetic permeability. He assumed that there is a molecular magnetic field created by molecular currents in ferromagnetic bodies. Through a series of experimental studies on the phenomenon of magnetostriction (changes in the length of iron wires placed in a cyclically varying magnetic field), he was able to detect (simultaneously with the Japanese physicist H. Nagaoka) hysteresis in changes in the length of the wires as they were re-magnetized and derive a wire elongation formula. He also conducted research on the phenomenon of thermoelectric current in a circuit consisting of two dissimilar metals,

which was a confirmation of the theory of thermoelectricity of the German physicist F. W. G. Kohlrausch.

The Department of Physics at St. Petersburg University had no vacancy for an assistant, and in 1893, after being assigned with the academic title of Ph.D. Rosing accepted an offer from another educational institution, St. Petersburg Institute of Technology, to take the position of laboratory assistant at the Department of Physics to conduct practical work and supervise laboratory work of students in the office. In 1898, he was elected as a lecturer to give lectures and conduct practical classes in electricity and electrometry (electrical measurements), and in 1909 he became dean of the electromechanical faculty.

Simultaneously, from 1894, he taught physics and headed a physics office (cabinet) at the Konstantinovskiy Artillery School in St. Petersburg. Here the lecturer of electrical engineering K. D. Persky, with whom he had got acquainted at the Institute of Technology, was interested in the problem of transmitting images over a distance.

Since 1906, Rosing lectured on electrical and magnetic measurements at the Women's Polytechnic Courses (in 1915 they were transformed into the Women's Polytechnic Institute), and from 1907 to 1917 he served as dean of the electromechanical faculty.

In 1894–1900, Rosing developed a new battery system with a movable electrolyte layer, created an electrical alarm system with automatic switches for command telegraphs, fire alarms and telephone stations, and dealt with power-saving conversion of thermal energy into electrical one and of electrical into thermal energy.

By that time, the projects of television systems were known, all of them based on mechanical devices for decomposing (scanning) images into elements and selenium photoresistances used as photoelectric converters. But none of the mechanical television systems had been implemented in practice. Since 1897, he spent several years on experiments with mechanical and electrochemical image transmission systems and came to the conclusion that a practical television system should not be built on inert optical-mechanical devices, but on non-inertia systems. Observing how the electron beam of the oscilloscope traces on the screen of the cathode tube, invented in 1879 by the German physicist K. F. Braun, a complex luminous figure, he had the idea of using a cathode ray tube (CRT) as an inertia-free device for reproducing images in a television system. But the image of the transmitted object could appear on the CRT screen only if the photocell current will affect the intensity of





the cathode beam and, therefore, the brightness of the glowing spot. The changes were made to the Braun's tube. The electron beam was vertically and horizontally deflected by magnetic fields from two pairs of mutually perpendicular coils, and the signal from the photocell was fed to a plate of a capacitor placed in a tube between two diaphragms. The electric field inside the capacitor was supposed to deflect the beam vertically when the signal voltage changed, so that the number of electrons passing through the hole in the diaphragm should vary. Because of this, the luminance modulation of the current of the electron beam must occur and the brightness of the points on the screen changes.

This assumption was tested by him in practice in 1902. An oscillographic CRT was applied in the receiving device of the image transmission system. The signals on the tube came from the transmitter in the form of an electrolytic bath with four electrodes connected to the deflecting coils of a CRT. The role of the light beam was performed by a metal rod moved through the electrolyte layer in the bath. The movement of the electron beam on the screen of the tube repeated all the movements of the metal rod, and a luminous spot on the screen traced letters and other shapes.

Then, to transfer and reproduce moving images with different brightness of individual elements (halftone images), he found a way to modulate the intensity of the electron beam of the tube by changing the number of electrons falling on the screen in accordance with the change in the brightness of the elements of the transmitted image. So the prototype of the kinescope was obtained. The system of two multifaceted mirror drums designed by him with horizontal and vertical axes rotating at different speeds made it possible to project the light rays of individual sections of the transmitted image onto the photodetector. The transformation in the transmitting device of the image into electrical signals was carried out not by selenium photoresistance, but by an alkaline photocell with an external photoelectric effect discovered by A. G. Stoletov [10].

In 1907, Rosing filed patent applications in three countries for the invention «A method of electrical transmission of images over a distance». In 1908 and 1909, the discovery of a new method of receiving images in television was confirmed by the patents «New or improved method of electrical transmission over a distance of images and devices for such a transmission» and «A method of electrical transmission of images, and of receiving images using a cathode ray tube» issued to him in England and Germany. The method of receiving television images and the use of CRT in a television system were secured by him in the Russian privilege No. 18076, received in 1910.

As a member of Russian Technical and Russian Physico-Chemical Societies, he was a member of various commissions, and made public reports on «The electrical telescopes and a possible way to carry it out». The television inventor took part in discussions and press releases [11, 12]. He identified the basic requirements for electric telescopes (the term «television» did not exist yet) when transmitting the image of moving objects. To get a solid image in the eye of the observer, it is necessary to transmit signals from all points of the image to the receiver in less than 0,1 seconds. At such a speed, the sensitivity of the transmitting device must be very high, and a high accuracy of synchronization of the image scans in the transmitter and receiver is also required.

From 1906 to 1918, the scientist was a member of the editorial board of the journal «Electricity», where for many years his abstracts and reviews of foreign books on physics, theoretical electrical engineering, electrical measurements, and chemical current sources were published.

Rosing in order to increase the sensitivity and brightness of the screen applied a new type of modulation of the electron beam in the CRT using a pulsed photocurrent at the output of the photocell, which could be enhanced by the resonance phenomenon. In subsequent works, he applied modulation of the speed of the electron beam across the screen without changing its current. The method was based on the dependence of the brightness of the glowing spot on the CRT screen on the duration of the glow. With a decrease in the duration the spot was perceived by the eye as less bright. For such modulation, deflection plates were inserted into the tube. They were powered along with the signal from the photocell in such a polarity that with small signals the speed of the beam on the screen increased, and the screen glowed weakly, and vice versa. In May 1911, at a meeting of the Russian Technical Society, he and his assistant student V. K. Zvorykin, who became an outstanding scientist [13], carried out the world's first television transmission over a distance of primitive signals in the form of a series of points, simple lines and an image of a grid consisting of four bands placed in front of the transmitter lens. In order to see the same image on the screen of the receiving device as in the transmitting device, the inventor constructed an electromagnetic scanning device with the number of lines 12 (in modern television receivers the number of lines is 1125).

He put forward the idea of using a CRT system in a receiving device and scanning (line-by-line transmission) that was practically brought to life [14–16]. In 1911, he patented an improved television





device using electron beam modulation in Russia (Russian privilege No. 24469), Germany (patent No. 244746), England (patent No. 5486), and the USA (patent No. 1161734).

For the invention of television, the greatest scientific and technical achievement in the field of electrical engineering, and for transmission of images over a distance, the Russian Technical Society in 1912 awarded him the Gold Medal and the prize named after the honorary member of the Society C. F. Siemens. The laureates of this award were included in encyclopedias and reference books of many countries.

«In fact, Boris Rosing was ahead of his time. The system he worked on required many details that had not yet been developed. At that time, the photocells needed to convert light into electrical energy were at the infancy stage. Although potassium photovoltaic cells have already been described in the literature, the only way to get them was to make them on the own. The vacuum technique was extremely primitive, and it took an incredible amount of time to get the right vacuum. The vacuum pumps we had, were manual, and more than once we had to lift and lower heavy vessels with mercury for several hours to provide a vacuum. Electronic amplifier tubes had just been invented by L. de Forest... and I had to look for ways to improve them myself. Even the glass for the instruments was of little use: because of its fragility, it was difficult to work with it. We were forced to learn the profession of glassblowing. Yet by the end of my collaboration with Professor Rosing, he had a functioning system consisting of rotating mirrors and a photocell on the transmitting side and a cathode receiving tube with insufficient vacuum that reproduced vague pictures», wrote Vladimir Zvorykin about his teacher.

How did the term «television» appear? Almost until the mid-30s of 20<sup>th</sup> century, Russian scientists used words that can be translated as: «far-vision or long-vision», «telephoto», «televisioning», «electric vision», «electric telescope». In 1936, in the USSR, published scientific works were entitled as «Fundamentals of far-vision» by V. A. Gurov and «Television» by V. I. Arkhangelsky. Rosing himself adhered to the term «electric telescope». He believed that this phrase more accurately reflects the essence of the process. Moreover, the word «television» became known during his lifetime. For the first time, Konstantin Dmitrievich Persky, a lecturer at the Konstantinovskiy Artillery

School in St. Petersburg, introduced it into scientific use in a report at the First All-Russian Electrotechnical Congress (1900), and then at the International Electricity Congress in Paris, held from 18 to 25 August, 1900 during International World Fair.

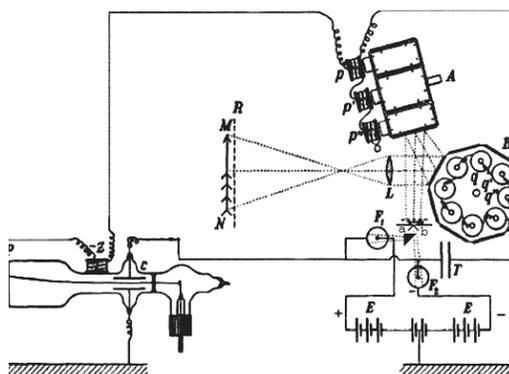
Further work of Rosing was aimed at improving the results achieved. The gas molecules inside the Braun's tube prevented good focusing of the electron beam, which led to image blurring. Therefore, in the years 1912–1914, the gas-filled cold cathode CRT was replaced by a vacuum CRT with an incandescent cathode and magnetic focusing of the electron beam. This was the first practical application of the principles of electronic optics in television. He carried out a theoretical and experimental study of the focusing of an electron beam by a longitudinal magnetic field and derived a calculation formula for determining the focal length of a «magnetic lens» depending on the number of ampere-turns of the coil. Due to the periodic charge and discharge of the capacitance of the line, he was able to obtain deflecting currents, voltages and an electron beam. The inventor together with the lecturer of St. Petersburg Women's Polytechnic Institute M. V. Ivanov developed the technology for production of potassium photovoltaic cells and organized for the first time in Russia their production at a laboratory scale.

During troublous days of revolution and crime in 1917, the wife and the daughter of the scientist left for Kuban region (now Krasnodar region). In 1918, during the winter holidays at the institute, he decided to visit his family in Ekaterinodar (now Krasnodar) for two weeks. But the situation there at the height of the civil war prevented him from returning to Petrograd. Rosing began working as a professor at the department of physics at Kuban Pedagogical Institute. He took part in organization of Kuban Polytechnic Institute (now Kuban State Technological University) and was appointed dean of the electromechanical faculty and professor of the department of theoretical fundamentals of electrical engineering at this institute, later became its vice-rector and rector [17].

In 1920, the scientist created a Physics and Mathematics Society in Ekaterinodar, which was a member of the Russian Physics Association, and became its chairman. He proposed a simplified derivation of the Amsler planimeter formula (a mathematical device for determining the areas of flat figures, as well as for finding the numerical values of certain integrals) using the new vectorial analysis method in Russia. He prepared the reports «On the Photoelectric Relay», «Transformation of the basic equations of the electromagnetic field into a new form», «Building a theory of light and light quanta based on the general solution of the equations of the electromagnetic field of Lorentz». In Kuban region he wrote the book «Electric telescopes (vision at a distance). Immediate tasks and achievements». This final work was published in Petrograd in 1923.

In 1922, Rosing accepted the offer of the Second Petrograd Polytechnic Institute to take the position of professor of the course of electrical and magnetic measurements. He was also invited as a professor of physics at the Women's Polytechnic Institute. In 1924, he returned to the Institute of Technology of Petrograd (which became Leningrad), and also occupied the post of senior researcher at the Leningrad Experimental Electrotechnical Laboratory (LEEL) which was a separate laboratory with a staff of employees.

As far as further developments of television system are concerned, he improved the transmitting



and receiving devices, developed a number of CRT designs, and proposed new methods for modulating the electron beam. In the transmitting device, to increase the image clarity, the number of edges of the drum rotating around the horizontal axis was increased to 48, and the second drum was replaced with a mirror, which with the help of eccentrics made oscillatory movements, moving in one direction for 0,1 seconds. Then it quickly returned to its original position and again started to move in the same direction. Such a scanning system provided the correct alternation of rows without interruptions, and the image was decomposed into 2400 elements.

The design of the deflection voltage for a CRT was also changed. It was removed from the capacitor connected to the current source. The capacitor was charged during the rotation of the drum towards the next bound and discharged instantly. A sawtooth voltage was applied to the CRT. In another embodiment, a sawtooth deflection voltage was generated using a circuit with an inductance coil. In the laboratory it was possible to transmit simple images with clearness of 48 lines.

A tube amplifier was used to enhance the photocurrent in an electronic television system.

At LEEL and at the Central Wire Communication Lab, the scientist also worked on improving Galilean binoculars, on photoelectric devices for recording and reproducing sound, photographing sounds, and photoelectric devices for visually impaired persons, facilitating their orientation among dark and light objects.

During these years, being an expert of the Committee for Inventions, Rosing gave a «start» to many domestic inventions. Publishing numerous reviews of achievements in the field of television, he largely contributed to the popularization of the research work.

His pedagogical work at the Institute of Technology continued until his arrest in 1931 (with a break from 1918 to 1924). In his autobiography, «For edification of young people», he wrote: «For successful work an inventor should have the following main qualities: 1) good training in the field of physics and mathematical sciences, 2) great imagination, 3) independence of opinion and the ability not to be discarded by any failures and 4) habit for solitary and hard work.

In 1930, Rosing was repressed by the United State Political Directorate (OGPU) under the Council of People's Commissars (SNK), arrested for financial assistance to counterrevolutionaries (he gave money to a friend in need, an officer of the tsarist army, a

lecturer at the Konstantinovskiy Artillery School, later also arrested) and in 1931 exiled to Kotlas for three years to a timber mill.

He managed to lecture on physics and write non-fiction articles to local newspapers in exile. In 1932, thanks to the intercession of relatives, friends, domestic and foreign scientific community, he was transferred to Arkhangelsk without the right to work. He carried out scientific experiments on improvement of devices for orienting the visually impaired persons and for photo reading in the laboratory of Arkhangelsk Forestry Institute (now the university) and at the Department of Physics (pedagogical activity of the exiles was prohibited). In the small lunch boxes, the head of the department of physics, Petr Petrovich Pokotylo, brought something to eat from home to a staff member who did not have a salary and lunch coupons.

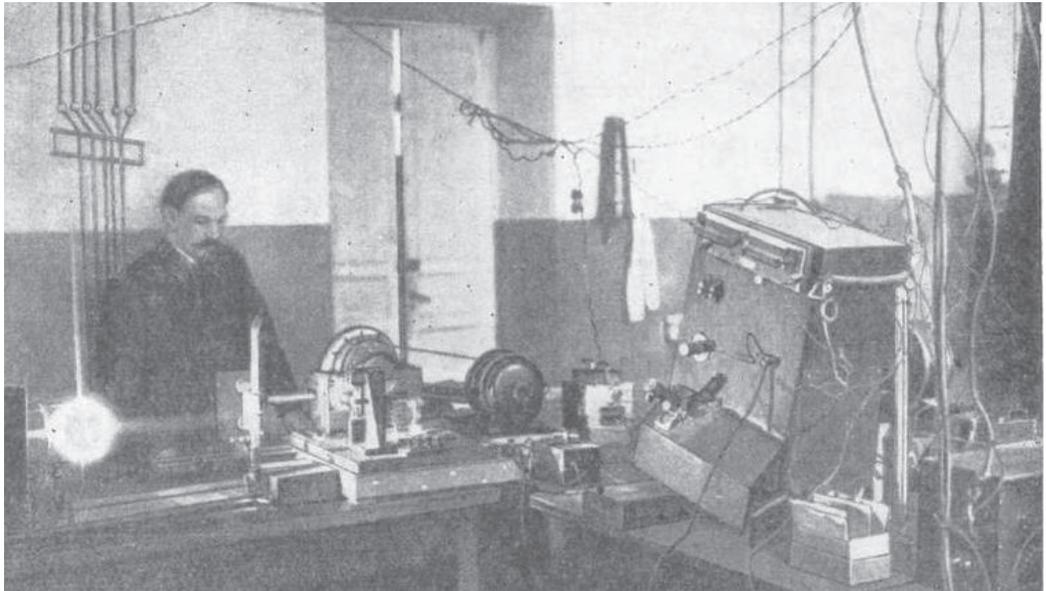
From the letter of B. L. Rosing to his wife (dated December 18, 1931):

«My dear Asya! My case is in the same position, that is, without movement. I don't know if I will stay here or have to go back, because you will not survive here without being employed and without attachment sheets. The price on the free market is twice as high, than in Kotlas. <...> Yesterday it turned out that administratively deported professors receive right to lecture here only on one condition, from which I feel moral nausea for almost a whole day and want to get out of here as soon as possible. Do they offer it to everybody? <...> Maybe, if I don't get money, then you will send a parcel, but not with the things that it is necessary to cook, since I do not use a kerosene stove, by the way, due to the lack of kerosene».

Boris Lvovich Rosing died of cerebral hemorrhage on April 20, 1933 at the age of 63, while in exile in Arkhangelsk. The circumstances of his death are as follows. While Rosing was returning to the rented apartment, at a sharp turn the tram swung and the food from his small lunch box fell on the coat of the woman sitting next to him. The lady made a scandal, insulting to the scientist, and he only apologized and tried to clean the stained coat with a handkerchief, and at home he went to bed, turned to the wall, and, clutching his head, only repeated: «My God, my God, for what...». The next day he did not go to the institute and died two days later. Rosing was buried in Arkhangelsk at the local Vologda cemetery.

Only in 1957, the presidium of the Leningrad City Court overturned the decision of the on-site session of the OGPU board, claiming the absence of corpus delicti, and Rosing was completely posthumously freed from accusations.





**Conclusion.** More than 25 patents, privileges and copyright certificates, as well as over 50 scientific publications, have become the legacy of Rosing. In 1967, he was placed the fourth of the list, following M. V. Lomonosov, D. I. Mendeleev and A. S. Popov, in the poster «10 scientists of Russia who created new fields in science and technology».

## REFERENCES

1. Gorokhov, P. K. Rosing, Boris Lvovich. Great Soviet Encyclopedia. Vol. 22. 3<sup>rd</sup> ed. Ch. ed. A. M. Prokhorov. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1975, p. 178.
2. Gorokhov, P. K. B. L. Rosing – Founder of electronic television [B. L. Rosing – Osnovopolozhnik elektronnoy televiziyi]. Moscow, Nauka publ., 1964, 120 p.
3. Rosing Boris Lvovich. Soviet encyclopedic dictionary. Ch. ed. A. M. Prokhorov. Moscow, Soviet encyclopedia, 1985, p. 1130.
4. Rosing Boris Lvovich. Great Soviet Encyclopedia. Vol. 36. 2<sup>nd</sup> ed. Ch. ed. B. A. Vvedensky. Moscow, Great Soviet Encyclopedia, 1955, p. 627.
5. Shatelen, M. A. Russian electrical engineers of the second half of 19<sup>th</sup> century [Russkie elektrotehniki vtoroy poloviny XIX veka]. Leningrad–Moscow, State Energy Publishing House, 1949, 379 p.
6. Shatelen, M. A. Russian electrical engineers of 19<sup>th</sup> century [Russkie elektrotehniki XIX veka]. Leningrad–Moscow, State Energy Publishing House, 1955, 432 p.
7. Istomin, S. V. The most famous inventors of Russia [Samie znamenitye izobretateli Rossii]. Moscow, Veche, 2000, 469 p.
8. Shmakov, P. V. Television (general course) [Televizenie (obshchiy kurs)]. Moscow, Svyaz publishing house, 1970, 540 p.
9. Stories about the Russian championship [Rasskazy o russkom pervenstve]. Under the general editorship of V. I. Orlov. Moscow, Molodaya gvardiya, 1950, 423 p.
10. Grigoriev, N. D. Multiplication of driving forces. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 3, pp. 238–245.
11. Rosing, B. L. About electric telescopes and a possible way to carry it out [Ob elektricheskoy teleskopii i ob odnom vozmozhnom sposobe ee vypolneniya]. *Electricity*, 1910, Iss. 20, pp. 535–544.
12. Rosing, B. L. The system of electrical telescopes based on the use of pulsating and alternating currents [Sistema elektricheskoy teleskopii, osnovannaya na primenenii pulsiruyushchikh i peremennykh tokov]. *Electricity*, 1911, Iss. 15, pp. 349–359.
13. Grigoriev, N. D. Ray of light in electronic realm. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 4, pp. 234–247.
14. Rosing, B. L. On further development of electrical telescopes operating with cathode rays and the new photoelectric relay [O dalneishem razvitiy elektricheskoy teleskopii, rabotayushchei pri pomoshchi katodnykh luchej, i o novom fotoelektricheskom rele]. *Electricity*, 1916, Iss. 15–16, pp. 245–249.
15. Rosing, B. L. On further development of electrical telescopes operating with cathode rays and the new photoelectric relay [O dalneishem razvitiy elektricheskoy teleskopii, rabotayushchei pri pomoshchi katodnykh luchej, i o novom fotoelektricheskom rele]. *Electricity*, Iss. 17, pp. 265–272.
16. Kataev, S. I. Electric telescopes (on the 50<sup>th</sup> anniversary of the invention of B. L. Rosing of the first electronic television) [Elektricheskaya teleskopiya (k 50-letiyu so dnya izobreteniya B. L. Rosingom pervogo elektronnoy televizora)]. *Radiotekhnika*, 1957, Vol. 12, Iss. 7, pp. 3–8.
17. Kutsenko, I. Ya. B. L. Rosing – the discoverer of electronic television, the founder of Kuban Polytechnic Institute [B. L. Rosing – pervootkryvatel elektronnoy televiziyi, osnovatel Kubanskogo politekhnicheskogo instituta]. Maikop, Polygraphizdat «Adygea», 2007, 260 p. ●

Information about the author:

**Grigoriev, Nikolai D.** – Ph.D. (Eng.), associate professor at the department of Electrical engineering of transport of Russian University of Transport, Moscow, Russia, +7 (495) 684–21–19.

Article received 14.06.2018, accepted 21.01.2019.



## РЕЛЬСОВЫЙ КРИЗИС

(English text at p. 290)

Важнейшим техническим вопросом, волнующим весь современный американский железнодорожный мир, является бесспорно рельсовый кризис. Я знаком с ним основательно и расскажу о нём подробно, так как эти детали дадут читателю понятие о некоторых из тех характерных особенностей, с которыми железнодорожному делу приходится бороться в Америке.

С изобретением бессемеровского процесса, стальные рельсы совершенно вытеснили из употребления железные, и, с течением времени, опыт доказал, что лучше всего отвечает железнодорожным потребностям такой стальной рельс, который заключает в себе 0,65 процента углерода, не более 0,06 процента фосфора и от 1,1 до 1,3 % марганца. Большинство наших железнодорожных авторитетов не придаёт особенного значения тонкостям относительно форм сечения рельса — это вопрос всё ещё остающийся более или менее спорным и неважным, сравнительно с качеством стали. Только сталь, идущая на производство судовой брони и артиллерийских снарядов, должна отвечать большим требованиям крепости и тягучести, чем сталь в железнодорожном рельсе при современной тяжести подвижного состава и скорости пассажирского движения. Главный элемент крепости стали составляет углерод, тогда как присутствие в ней фосфора больше, чем в допустимых количествах, придаёт ей хрупкость. В бессемеровском процессе по выплавке железа из руды естественный углерод и многие другие нежелательные ингредиенты сначала выдуваются из расплавленного металла, затем в него вводится «Spiegeleisen», искусственный состав, содержащий процент углерода, нужный смотря по тому, для чего предназначается сталь, и уже после этого она выливается в надлежащего размера и формы болванки. При этом, во-первых, более лёгкие нечистоты осаждаются и скапливаются в верхней части болванки, а во-вторых, в ней же, вследствие неравномерности охлаждения, идущего от формы к центру, образуется чашеобразное углубление, окружённое трещинами, газовыми и воздушными пузырями и другими несовершенствами. Дабы получить вполне годный для рельсов металл, следует, во-первых, дать достаточное

время «Spiegeleisen'у» проникнуть в массу расплавленного металла и равномерно в нём распределиться, а во-вторых, когда болванка остынет, срезать около трети её верхней части, всегда содержащей более или менее несовершенный металл, и переплавлять эту часть заново, так как только нижние две трети болванки отвечают требованиям. Эти-то главные условия и требовались нашими железными дорогами при заказе ими рельсов заводам, причём эти последние должны были гарантировать свой продукт. С организацией в 1901 году стального треста положение сразу существенно изменилось. Организатором его был Морган, о котором пришлось уже писать выше, человек, имеющий огромное, часто подавляющее влияние на исполнительные власти большинства американских железных дорог. Стальной трест поглотил все значительные рельсопрокатные заводы Америки — вне его остаются всего 2—3 небольших, неспособных удовлетворить и 10 % ежегодной потребности страны в рельсах. В то же время наступило истощение железных руд, свободных от более или менее значительной примеси фосфора, элемента для рельсов вредного и опасного, и, главное, не поддающегося удалению при производстве стали посредством бессемеровского процесса. Чтобы делать рельсы нужной прочности из железных руд, содержащих большой процент фосфора, чем его допустимый максимум, т.е. 0,06 процента, бессемеровский процесс выделки стали негоден, а необходим процесс открытых печей (open hearth), употребляемый для выделки мостовой стали. У стального же треста всего один такой завод, в Виолееме, заваленный специальной работой — да недавно начата постройка нового, крупнейшего во всем Союзе завода в г. Гари, в штате Индиане, на самом берегу озера Мичиган. Теснимый этими факторами, стальной трест ещё лет пять тому назад, пользуясь своей монополией, стал отказывать железным дорогам принимать их заказы на рельсы требуемого ими состава и качества стали, а затем отказался и от какой-либо гарантии продукта. Он изменил самовольно состав металла, увеличив максимум фосфора до одной десятой процента, т.е. повысив его на 60 % против того, что железные дороги



считали допустимым, и, чтобы уравновесить это повышение, уменьшил количество углерода до полупроцента, а марганца до 0,8–1,1 %. Но при этом составе поверхность рельсов слонится и быстро изнашивается на кривых.

Понижение качества рельсов вызвало частую их поломку под поездами во время движения, быстро увеличило число крушений и поразительно подняло число несчастий с людьми. Статистика последних пяти лет доказывает, что когда число крушений и несчастий почти от всех остальных причин, особо указываемых в официальной классификации, уменьшается, оно поразительно растёт от поломки рельсов и представляет собою прямо-таки ужасающие цифры. Крушение поезда на полном ходу всегда вызывает огромное число человеческих жертв. Общественное мнение заволновалось, встревоженные железнодорожные главные управляющие приняли меры, дабы открыть глаза публике относительно действительных виновников этой бойни. Ещё в прошлом году Американская железнодорожная Ассоциация – American Railway Association, – членами которой состоят 98 % всех железных дорог Союза и Канады, назначила специальную комиссию из особенно опытных и широко известных главных управляющих для исследования рельсового вопроса, и доклад этой комиссии весеннему общему собранию Ассоциации в Чикаго был широко опубликован по всей стране, дабы познакомить народ с его выводами. Комиссия эта, собрав со всех концов страны рельсы, поломка которых вызвала крушение поездов, посредством исследования их авторитетными специалистами, химиками и металлургами, установила вне всяких сомнений их неудовлетворительное качество, совершенно несоответствующее современным требованиям для стальных рельсов, и составила точные спецификации, которым они должны бы отвечать, дабы устранить опасность поломки. В то же время всему рельсовому вопросу была придана такая безотлагательная важность и огласка, что редактор «Scientific American», самого авторитетного и серьёзного нашего научного издания, предпринял лично основательное исследование всего предмета. «Railroad Gazette», лучшая американская газета, посвящённая железнодорожному делу, суммировала его сущность следующим образом:

«Мы обращаем внимание американского народа, во 1-х, на преступную готовность стального треста фабриковать рельсы, которые убивают людей, во 2-х, на положение почти столь же преступное, занимаемое известной частью высших железнодорожных чинов по

поводу неприятных истин относительно рельсов, которые представляются на их благоусмотрение их главному управляющим и инженерами».

Правительственная железнодорожная комиссия штата Нью-Йорк удостоверяет, что в течение 1906 г. только в пределах этого штата констатирована поломка 2849 рельсов, и что в течение первых трёх месяцев 1907 г. констатирована поломка 836 рельсов из положенных в 1906 г. и только 29 из положенных в 1901 г., т.е. сфабрикованных до перемены условий, сделанной с тех пор стальным трестом. Вышеупомянутая «Railroad Gazette» приводит целые столбцы таких же цифр из отчётности дорог всех других местностей, свидетельства управляющих с поразительными специфическими деталями. Нет ни малейшего сомнения, что качество рельсов быстро и всесторонне ухудшилось, и что ответственность за этот самый убийственный в современном железнодорожном деле фактор лежит всецело на стальном тресте. Вся эта агитация вынудила и чинов треста выступить с публичными объяснениями. Они не отрицают неудовлетворительности рельсов, фабрикуемых из богатых фосфором железных руд бессемеровским процессом, но утверждают, что свободные от фосфора руды совершенно истощены в Союзе, что железные дороги за последнее время утяжелили свой подвижной состав несообразно с весом своих рельсов, и, что главное, потребность в рельсах возросла за последние два года так внезапно, что хотя все заводы и работают день и ночь, они далеко позади со своими заказами и давно уже не могут выполнить их в срок. Единственное действительное средство против зла заключается в переделке заводов из действующих бессемеровским процессом, в заводы с open hearth – но это, во-первых, стоило бы огромных капиталов, в сущности, повторения основных затрат, на что трест не имеет средств, а во-вторых, остановило бы на долгое время производство на переделываемых заводах и совершенно бы заколодило всё рельсовое дело. Необходимо заметить, что в третьем вышеприведённом пункте своей аргументации стальной трест безусловно прав. До 1906 г. постройка новых железных дорог в Америке долгое время была более или менее равномерна и колебалась между 5 и 8 тысячами миль новых путей в год; в 1906 эта цифра сразу поднялась до 15 тыс. миль, а в 1907 году, по предварительному приближительному подсчёту, дойдёт, вероятно, до 25 тысяч миль. Обе цифры – далеко превосходящие что-либо во всей истории построй-

ки железных дорог в Америке. Особенно любопытны заключения редактора «Scientific American», как лица бесспорно авторитетного и в то же время беспристрастного, нечто вроде арбитра между двумя спорящими сторонами. Он пришел к тому заключению, что, хотя поломки и должны быть отнесены главным образом, к рельсам новой фабрикации, с излишком фосфора в составе металла, тем не менее немалую роль в них несомненно играет и спешность производства. Вместо того чтобы влить «Spiegeleisen» и дать ему время внедриться и распространиться по всей массе расплавленного металла, что неукоснительно требовалось прежде, теперь его вливают непосредственно перед переливкой в формы болванок, дабы сэкономить время — затем, вместо того, чтобы срезать около трети верхней части болванки, срезают всего около одной десятой и даже меньше, так, что из оставшейся части прокатывают три рельса в 80 фунтов на погонный ярд, тогда как прежде прокатывали всего два. В то же время он признал, что раз поставлено условие, что стальной трест с его настоящей производительностью должен выполнить более или менее своевременно поступающие к нему заказы, он не в состоянии изменить настоящее положение и дать лучшие рельсы, так как его работоспособность и так давно достигла возможного максимума. Основной же причиной кризиса он считает истощение железных руд, свободных от фосфора, и необходимость оставления бессемеровского процесса в производстве рельсов как раз в такое время, когда небывалый и внезапный подъем требований на рельсы не позволяет остановить заводы для их переделки.

Само собой разумеется, что все эти последствия и разоблачения помогли делу уже тем одним, что выяснили его сущность для общественного мнения, хотя и не дали ещё практического выхода. Стальной трест продолжает фабриковать ломкие рельсы, крушения поездов учащаются, и число убитых и раненных в них растёт. Неофициальные сведения за последние два года, после 30-го июня 1905 г., дают повышение в числе убитых и раненных в 10 % с лишком каждый год, и это повышение почти целиком падает на крушения от поломки рельсов. Тем не менее, как читатель мог, конечно, усмотреть и сам из вышеизложенного, виноватой оказывается, по-видимому, одна природа, уделившая Америке слишком мало железной руды без фосфора. Утешением является только то, что наши присяжные всё повышают вердикт в пользу пострадавших при железнодорожных

несчастиях — теперь нередко присуждение сумм в 30, 40, даже 50 тысяч долларов за искалечение.

Как ни стоит стальной трест за возможно долгое удержание бессемеровского процесса для выделки стали для рельсов, процесс этот несомненно осуждён, и его окончательная замена является только вопросом времени. Новейшие опыты с укреплением стали для рельсов приурочены к стали, выделяемой посредством процесса open hearth. Введение никеля поднимает крепость эластического предела сопротивления от 41330 фунтов на квадратный дюйм в бессемеровской стали до 49270 в никелевой, но требует 3 % никеля, т.е. 60 фунтов на тонну, и увеличение в стоимости продукта далеко не соответствует увеличению прочности. Гораздо лучшие результаты даёт ввод лигатуры из марганца, хрома и ванадия. От железнодорожного рельса всё больше и больше требуется способность противостоять внезапному сильному шоку — по нашей технической терминологии — это динамическое свойство. Ванадий же придаёт стали не только крепость, поднимающую её эластический предел сопротивления, при разных составах, до 71110 фунтов и даже 224000 фунтов на квадратный дюйм (последняя цифра для состава типа Ас), но и тягучесть — ductibility — так что позволяет уменьшить размер рельса почти вдвое. Тогда как бессемеровская сталь неизменно ломается при приложении 6700 вибрации пробирного вращательного аппарата Steacl'a, сталь с лигатурой ванадия типа А1 выдерживает 67500 вибрации. Никелевая сталь в этом отношении весьма неудовлетворительна. В то же время, тогда как нужно 60 фунтов никеля на тонну стали, наилучшие результаты при введении ванадия получаются при 12 фунтах лигатуры на ту же тонну, так что большая стоимость ванадия сравнительно с никелем теряет значение. Тем не менее, лигатура ванадия обходится при настоящих ценах и условиях около 40 долларов на тонну стали что, при максимуме в стоимости рельсов из стали производимой бессемеровским процессом в 28 долларов за тонну, составляет, конечно, огромную преграду. Опыты с ванадием продолжаются у нас повсеместно с большой энергией, и весьма возможно, что именно их дальнейшие успехи и разрешат положительно наш рельсовый кризис.

П. А. Тверской  
(Железнодорожное дело. —  
1908. — № 4. — С. 31—33) ●

Редакция выражает благодарность персоналу библиотеки Российского университета транспорта за помощь в подготовке материала.





## RAIL CRISIS

*The most important technical issue of concern to the entire modern American railway world, is undoubtedly rail crisis. I am familiar with it thoroughly, and I will tell about it in detail, in the way that these details will give the reader an idea of some of those characteristic features that railway business has to contend with in America.*

*With the invention of the Bessemer process, steel rails completely dislodged iron rails, and, over time, experience has shown that a steel rail best meets railway needs, such a steel rail contains 0,65 percent carbon, no more than 0,06 percent phosphorus and from 1,1 to 1,3 % manganese. Most of our railway authorities do not pay special attention to subtleties, regarding the rail section shapes – this is a question still remaining more or less controversial and unimportant, compared with quality of steel. Only steel, which is used to manufacture shipboard armor and artillery shells, must meet greater requirements, strength and malleability, than steel in a railway rail with modern rolling stock and the speed of passenger traffic. The main element of a steel fortress is carbon, whereas the presence of phosphorus in quantities exceeding the permissible ones, makes it brittle. In the Bessemer process for smelting iron from ore, natural carbon and many other undesirable ingredients are first blown out of the molten metal, then Spiegeleisen, an artificial composition containing a percentage of carbon, is added, depending on what steel is intended for, and after this it is poured out into the vessels of proper size and shape. At the same time, firstly, lighter impurities are deposited and accumulate in the upper part of the ingot, and secondly, as a result of uneven cooling coming from the form to the center, a bowl-shaped recess is formed, surrounded by cracks, gas and air bubbles and other imperfections. In order to get metal that is quite suitable for rails, it is necessary, firstly, to allow sufficient time for «Spiegeleisen» to penetrate into the mass of molten metal and to be evenly distributed within it, and secondly, when the ingots cool, to cut about a third of its upper part containing more or less imperfect metal and remelt this part again, since only the lower two thirds of the ingots meet the requirements. These are the main conditions required by our railways when they ordered the rails to the plants, and these latter had to guarantee their product. With organization of the steel trust in 1901, the situation immediately changed significantly. It was organized by Morgan, who had already been written about earlier, a man who has a huge, often overwhelming influence on the executive authorities of most American railways. The steel trust has swallowed up all the significant rail mills of America – only 2–3 small ones that are unable to meet 10 % of the country's annual rail needs are outside. At the same time, there occurred a depletion of iron ores, free from more or less significant impurities of phosphorus, an element that is harmful and dangerous for rails, and, most importantly, not amenable to removal in production of steel through the Bessemer process. To make rails of the required strength from iron ores containing a large*

*percentage of phosphorus exceeding the allowed maximum, i.e. 0,06 per cent, the Bessemer process of steel production is unsuitable, and the process of open furnaces (open hearth), used for manufacture of bridge steel, is necessary. There is only one such factory belonging to the steel trust, which was filled up with special work – and recently construction of a new, enormous plant, largest in the whole Union, in Gary, Indiana, on the very shore of Lake Michigan, has begun. Pressed by these factors, the steel trust five years ago, using its monopoly, began to refuse the railways to accept their orders for rails of the composition and quality of steel they required, and then refused any guarantee of the product. It changed the composition of metal without authorization, increasing the phosphorus maximum to one tenth of a percent, i.e. increasing it by 60 % against the level that the railways considered as permissible, and in order to balance this increase, reduced the amount of carbon to half percent and manganese to 0,8–1,1 %. But with this composition, the surface of rails exfoliates and wears quickly on curves.*

*The reduction in the quality of rails caused their frequent breakdown under the trains during movement, quickly resulted in growing number of derailments and dramatically raised the number of misfortunes with people. The statistics of the last five years proves that while the number of wrecks and misfortunes from almost all the other reasons specifically indicated in the official classification decreases, it grows strikingly from the breakdown of rails, and represents downright horrific figures. A train crash at full speed always causes a huge number of human casualties. Public opinion was agitated, anxious railway administrators took measures to open the eyes of the public on real perpetrators of this massacre. Last year, the American Railway Association of which 98 % of all the railways of the Union and Canada are members, appointed a special commission from especially experienced and well-known administrators to study the rail issue, and the report of this commission to the spring general assembly of the Association in Chicago was widely published throughout the country in order to acquaint people with its findings. This commission, having collected rails from all over the country, the breakdown of which caused the train derailment, through research by reputable experts, chemists and metallurgists, established beyond doubt their poor quality, completely inadequate to modern requirements for steel rails, and made the exact specifications they should respond in order to eliminate the risk of breakage. At the same time, the entire rail issue was given such urgent importance and publicity that the editor of Scientific American, our most authoritative and serious scientific publication, undertook a thorough study of the entire subject. Railroad Gazette, the best American newspaper devoted to the railway business, summarized its essence as follows:*

*«We attract the attention of the American people,*



firstly, to criminal readiness of the steel trust to fabricate rails that kill people, secondly, to a position almost so criminal, occupied by a certain part of high railway officials, concerning unpleasant truths on the rails, which are presented to them by the chief administrators and engineers».

The New York State Government Commission for Railways certifies that during 1906, only within this state it recorded a breakdown of 2849 rails, and during the first three months of 1907, it recorded breakdown of 836 rails from those laid in 1906 and only 29 of those laid in 1901, i.e. fabricated prior to the change of conditions made by the steel trust since. The aforementioned Railroad Gazette lists entire columns of the same figures from the road reports of all other localities, evidences of managers with striking specific details. There is no any slightest doubt that quality of rails has rapidly and comprehensively deteriorated, and that responsibility for this most deadly factor in modern railway business rests entirely on the steel trust. All this agitation forced the officials of the trust to come up with public explanations. They do not deny the failure of rails fabricated from phosphorus-rich iron ores by the Bessemer process, but they claim that phosphorus-free ores are completely depleted in the Union, that railways have recently increased the weight of their rolling stock in a manner inconsistent with the weight of their rails, and, most importantly, the need for rails has increased so suddenly over the past two years that, although all the steel mills are working day and night, they are far behind with their orders and can no longer fulfill them on time. The only real remedy against evil is to remake the factories with the existing Bessemer process into plants with an open hearth – but this, firstly, would require huge capital investment, in fact, it will require to repeat the investment of initial costs, and the trust has no such funds, and secondly, would stop production for a long time at the updated steel plants and would completely stop the development of the whole rail business. It should be noted that in the third paragraph of its argument above, the steel trust is certainly right. Until 1906, construction of new railways in America for a long time was more or less uniform, and ranged between 5 and 8 thousand miles of new routes per year; in 1906 this figure immediately rose to 15 thousand miles, and in 1907, according to preliminary estimates, it will probably reach 25 thousand miles. Both figures are far superior to anything in the entire history of railroad construction in America. The conclusions of the editor of Scientific American are especially curious as they are unquestionably authoritative and at the same time impartial, the editor being like an arbiter between two contending parties. The editor came to the conclusion that, although the breakdowns should be attributed mainly to rails of the new fabrication, with an excess of phosphorus in the composition of metal, however, the haste of production undoubtedly plays a significant role in them. Instead of pouring in «Spiegeleisen» and giving it time to infiltrate and spread throughout the mass of molten metal, which was strictly required before, it is now poured into the forms of discs just before pouring it to vessels in order to save time – then, instead of cutting off about a third of the top of the ingots, cutting off only about one tenth or even less is made, so that three rails of 80 pounds per running yard are rolled out of the rest, while only two were rolled before. At the same time, he

acknowledged that once the condition was set that the steel trust, with its real performance, must fulfill orders coming to it more or less timely, it is not able to change the current situation and give better rails, since its performance has reached possible maximum. The editor believes that the main cause of the crisis is depletion of iron ores free of phosphorus, and the need to refuse to Bessemer process in production of rails just at the time when an unprecedented and sudden rise in requirements for rails does not allow plants to be renewed.

It goes without saying that all these consequences and revelations helped the cause by the fact that they clarified its essence for public opinion, although they did not give a practical way out. The steel trust continues to manufacture brittle rails, train derailments become more frequent, and the number of those killed and wounded is growing. Unofficial data for the last two years, after June 30, 1905, gives an increase in the number of killed and wounded of more than 10 % every year, and this increase almost entirely falls on derailment of trains. Nevertheless, as the reader could, of course, see himself from the foregoing, it seems that the nature alone, which gave America too small amounts of iron ore without phosphorus, turns out to be guilty. The only consolation is that our jurors all raise the verdict in favour of the victims of railway accidents – now often awarding amounts of 30, 40, even 50 thousand dollars for a mutilation.

No matter how strongly the steel trust stands for possible keeping of the Bessemer process for making steel for rails, this process is undoubtedly condemned, and its final replacement is only a matter of time. The newest steel reinforcement experiments for rails are confined to steel, made through the open hearth process. The introduction of nickel raises the strength of the elastic resistance limit from 41330 pounds per square inch in Bessemer to steel to 49270 in nickel, but requires 3 % nickel, i.e. 60 pounds per ton, and the increase in product value is far from the increase in strength. Much better results are given by input of a ligature from manganese, chrome and vanadium. The railway rail is increasingly required to be able to withstand a sudden strong shock which is in our technical terminology, a dynamic property. Vanadium gives to steel not only strength, raising its elastic limit of resistance, with different compositions, up to 71110 pounds and even 224000 pounds per square inch (the last figure for Ac type), but also ductibility, so it reduces the size of the rail twice. At the same time, while 60 pounds of nickel per ton of steel are needed, the best results when vanadium is introduced are obtained at 12 pounds of ligature per the same ton, so that the high cost of vanadium compared to nickel loses its importance. However, vanadium ligature costs about \$40 per ton of steel at current prices and conditions, which, of course, with the maximum cost of steel rails produced by the Bessemer process at \$28 per ton, is a huge obstacle. Experiments with vanadium are going on with us everywhere with great energy, and it is quite possible that it is their future success that will resolve our rail crisis positively.

**P. A. Tverskoy**

**(Rail Business [Zheleznodorozhnoe delo]. – 1908. – No. 4. – pp. 31–33) ●**

**Editorial staff expresses its gratitude to the staff of the library of Russian University of Transport for assistance in preparing the material**





## ПАРОХОД ФУЛТОНА

(English text at p. 293)

**11** февраля 1809 года американец Роберт Фултон запатентовал конструкцию своего судна на паровой тяге, в результате чего вошёл в историю в качестве официального изобретателя парохода.

Революцию в кораблестроении, связанную с применением энергии пара, начали готовить задолго до появления надёжных паровых машин. Считается, что первым эту идею выдвинул французский физик Дени Папен, экспериментировавший с моделью парового двигателя в XVII веке, примерно за 90 лет до появления паровой машины конструкции Джеймса Уатта.

В 1707 году Папен спроектировал судно с паровым двигателем и гребными колёсами, о котором почти не сохранилось достоверных сведений. По одной из версий, после успешного испытания его сломали лодочники, боявшиеся остаться без работы.

Настоящего успеха изобретателям удалось добиться только в начале XIX века. В 1802 году шотландец Уильям Саймингтон продемонстрировал пароход «Шарлотта Дундас», а ещё через пять лет американец Роберт Фултон построил первый пароход, который начал выполнять регулярные коммерческие рейсы.

Первый пароход, который осуществил своё первое плавание 17 августа 1807 года, часто называют «Клермонт». На самом деле, Фултон назвал его «Пароход Северной Реки» (англ. North River Steamboat), а «Клермонтом» называлась усадьба его партнёра Ливингстона, на реке Гудзон в 177 км от Нью-Йорка, которую пароход посетил во время первого плавания. Затем пароход продолжил путь до Олбани.

Фултон запатентовал свой пароход 11 февраля 1809 года и в последующие годы построил ещё несколько паровых судов. В 1814 году Фултон заложил 44-пушечный военный пароход «Фултон I»,

также известный как «Демологос» (англ. Demologos), но не дожидаясь окончания постройки.

После кончины Фултона его именем назвали его родной город Литл Бриттон в штате Пенсильвания. Но это не тот Фултон, в котором была произнесена знаменитая речь Уинстона Черчилля о железном занавесе, тот находится в штате Миссури.

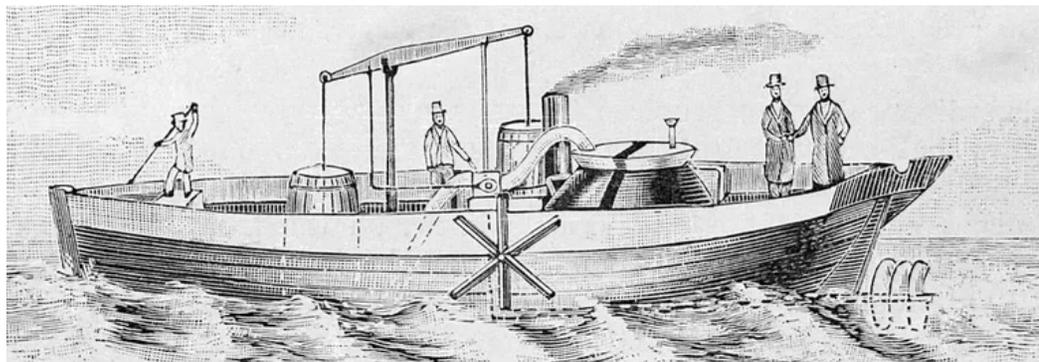
В 1813 году Фултон едва не стал обладателем эксклюзивного права на постройку пароходов в России: император Александр I предоставил ему монопольное право на эксплуатацию паровых судов на линии Санкт-Петербург–Кронштадт, а также на других российских реках в течение 15 лет. Но Фултон не смог воспользоваться договором, так как не выполнил основного условия договора — в течение трёх лет он не ввёл в строй ни одного судна, и этот контракт достался шотландскому промышленнику Чарльзу Бёрду.

В итоге первый российский пароход «Елизавета» был построен в 1815 году именно Бёрдом, который владел механико-литейным заводом в Петербурге. После успешных испытаний на Неве «Елизавета» стала курсировать между Петербургом и Кронштадтом. Отчёт об одном из таких рейсов опубликовал журнал «Сын Отечества». В этой статье русский морской офицер, впоследствии адмирал, Пётр Рикорд, впервые употребил в печати термин «пароход».

**На основе материалов:** <https://eadaily.com/ru/news/2017/02/11/etot-den-v-istorii-1809-god-fulton-zapatentoval-paryuy-parohod>, <https://scientificrussia.ru/events/v-1809-g-robert-fulton-zapatentoval-parohod>, <https://www.thoughtco.com/robert-fulton-steamboat-4075444>, <http://www.victorianweb.org/technology/ships/kennedy1.html> ●



## MEMORABLE DATE



### STEAM-BOAT OF ROBERT FULTON

**O**n February 11, 1809, American Robert Fulton patented the design of his vessel using steam traction. So, he has entered the history as the official inventor of the steamer.

Nevertheless, the revolution in shipbuilding referring to the use of steam energy had started long before the advent of reliable steam engines. It is believed that the first idea was put forward by the French physicist Denis Papin, who had tested a model of the steam engine in the 17th century, about 90 years before the appearance of the steam machine of James Watt. In 1707, Papin designed a vessel with a steam engine and rowing wheels, but reliable records about that are missing. According to one of the versions, after a successful test it was broken by boatmen, who were to be left without work.

The real success of inventors was achieved only in the early 19th century. In the year of 1802, a Scottish engineer William Symington demonstrated the steamer «Charlotte Dundas», and five years later, Robert Fulton built the first steamer, that started regular commercial voyages. The first Fulton's steamer, which performed its first voyage on August 17, 1807, is often called «Clermont». In fact, Fulton called it the «North River Steamboat», and Clermont was the name of the estate of his partner Livingston, located on the Hudson River, 177 km from New York, which the steamer visited during the first voyage before continuing the way to Albany. Fulton patented his steamer on February 11, 1809, and in subsequent years built some more steam vessels. In 1814, Fulton laid down the 44-cannon military steamer «Fulton I», also known as «Demoslogos»,

but did not live to see the vessel. After the death of Fulton, his name was given to his hometown of Little Britton in Pennsylvania (but it is not that city where Winston Churchill delivered his famous speech about iron curtain, that city is in the state of Missouri).

In 1813, Fulton almost became the owner of the exclusive right to build steamers in Russia: Emperor Alexander I granted him a monopoly on the operation of steamship vessels on the St. Petersburg – Kronstadt line, as well as on other Russian rivers for 15 years. But Fulton could not use the contract, because he did not fulfill the basic terms of the contract, he did not put into operation any ship within 3 years, and this contract went to the Scottish engineer Charles Baird. As a result, the first Russian steamer «Elizabeth» was built in 1815 by Baird, who owned a mechanical plant in St. Petersburg. After successful tests on Neva «Elizabeth» started voyages between St. Petersburg and Kronstadt. The report on one of these voyages was published by the «Son of the Fatherland» magazine. The author, the Russian naval officer, later Admiral Petr Rikord, publicly used the Russian term «parokhod» (steamer) for the first time.

Based on: <https://eodaily.com/ru/news/2017/02/11/etot-den-v-istorii-1809-god-fulton-zapatentoval-pervyy-parohod>, <https://scientificrussia.ru/events/v-1809-g-robert-fulton-zapatentoval-parohod>, <https://www.thoughtco.com/robert-fulton-steamboat-4075444>, <http://www.victorianweb.org/technology/ships/kennedy1.html>, etc. ●





## КАКИМ СТАНЕТ СЕВЕРНЫЙ РЕЧНОЙ ВОКЗАЛ ПОСЛЕ РЕСТАВРАЦИИ

**Зданию вернут исторический облик и превратят его в современный транспортный комплекс.**

Здание Северного речного вокзала в Москве после реставрации станет современным транспортным комплексом. Здесь разместятся вокзал и музей. В здании оборудуют залы ожидания, билетную кассу, киоск по продаже сувенирной продукции, справочное бюро, буфет, кабинет врача и комнату матери и ребёнка. Прилегающую территорию благоустроят.

После реставрации вокзал интегрируют в единую транспортную систему. Планируется наладить речное сообщение Москвы с Подмосковьем и другими регионами, а также развить туристическое направление.

Северный речной вокзал построили в 1937 году. Вплоть до 1990-х годов он был речными воротами столицы. В 2010 году здание вокзала закрыли из-за аварийного состояния.

Сейчас идет активная реконструкция Северного речного вокзала, кото-

рый является объектом культурного наследия регионального значения.

Зданию вокзала вернут исторический облик по архивным материалам. Так, специалисты отреставрируют башенные часы XVIII–XIX веков, воссоздадут позолоту на циферблатах и выполнят бронзирование стрелок часов. Также восстановят мраморную облицовку стен, панно с изображениями девяти шлюзов канала имени Москвы, панно и витражи с государственными гербами советских республик, потолочные росписи и наборные мраморные, мозаичные и паркетные полы. Кроме того, будет отреставрирована отделка фасадов вокзала и воссозданы осветительные приборы 1937 года, в том числе фонари в виде ландышей на крыше.

**По материалам веб-сайта мэрии Москвы:**  
<https://www.mos.ru/news/item/53038073> ●



## THE NEW LOOK OF RENEWED MOSCOW NORTHERN RIVER STATION

**The building will be restored back to its historical look to become a modern transport facility.**

The building of the Northern River Station will turn into a modern transport facility. It will house the station and the museum, as well as waiting rooms, a ticket office, Gifts & Souvenirs, an information desk, a buffet, a doctor's office and a nursing room. The surrounding area will be landscaped.

After the renovation, the station will be integrated into the single transport system. River navigation between Moscow and the Moscow region and other regions is to be established, and tourism to be developed.

The Northern River Station was built in 1937. Until the 1990s, it was the Moscow river gate. In 2010, the station was closed due to its state of severe disrepair.

Currently, the Northern River Station, a cultural heritage site of regional importance, is in the middle of renovation.

The station's building will be restored back to its historical look in accordance with the archive materials. Experts will restore the tower clock of 18<sup>th</sup>–19<sup>th</sup> centuries, the gilding on its dials and bronze clock hands. They will also renovate marble wall cladding, a mural depicting nine Moscow Canal locks, murals and stained glass windows with state emblems of the Soviet republics, ceiling paintings and combined marble, mosaic and parquet floors. The station facades and lighting devices made in 1937 will be restored too, as well as the roof lanterns shaped as lilies of the valley.

**Retrieved at the Web-site of the Mayor of Moscow:**  
<https://www.mos.ru/en/news/item/53038073> ●

# T

## **СМЕШАННЫЕ ПЕРЕВОЗКИ 296**

*Модальность дает повод  
подискутировать, в том числе  
и по терминам.*



## **АВТОРЕФЕРАТЫ 306**

- Минимизация воздействия ионов свинца.
- Угрозы информационной безопасности.
- Комплекс средств теленаблюдения и охраны.
- Работоспособность цельнокатаных колёс.
- Энергоэффективное управление моментом ТЭД.
- Сбалансированное использование ресурсов.

## **НОВЫЕ КНИГИ 310**

*Издательства предлагают –  
читатель выбирает.*

## **MULTIMODAL TRANSPORTATION 296**

*Modality offers occasion to  
start a discussion... even on the  
terms describing that type of  
transportation.*

## **SELECTED ABSTRACTS OF D.SC. AND PH.D. THESES 306**

- Minimization of the effects of plumber ions.
- Threats to information security.
- Balanced use of resources.
- Set of tools of video monitoring and protection.
- Efficacy of wrought wheels.
- Power-efficient control of momentum of traction electric engines.

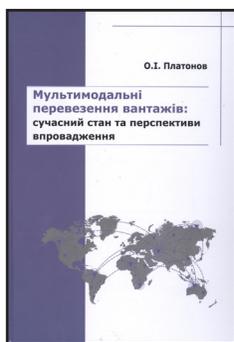
## **NEW BOOKS 310**

*Publishing houses offer, while  
readers select.*

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ • BIBLIO-DIRECTIONS



## Регулирование международных перевозок: современные аспекты



*English text of the review of the book is at p. 302*

**Платонов О. И. Мультимодальные перевозки грузов: положение дел на сегодняшний день и перспективы внедрения. – Киев, 2018. – 160 с.**

**В рассматриваемой монографии О. И. Платонова «Мультимодальные перевозки грузов: положение дел на сегодняшний день и перспективы внедрения» исследованы современное состояние и перспективы дальнейшего развития международных перевозок грузов с использованием нескольких видов транспорта. В работе приведены результаты сравнительного анализа положений многих межгосударственных, межправительственных и отраслевых соглашений, международных стандартов, регламентов, стратегий и прочих руководящих документов, имеющих отношение к организации смешанных перевозок. Автор уделит особое внимание вопросам обеспечения экономической безопасности в мультимодальных цепочках поставок внешнеторговых грузов. В приложении представлен краткий глоссарий основных терминов по рассматриваемой тематике в авторском изложении. В контексте рецензирования монографии инициировано обсуждение подходов к классификации смешанных сообщений по различным критериям.**

**Ключевые слова:** мультимодальные перевозки, комбинированные перевозки, интермодальные перевозки, смешанные перевозки.

**П**овышение эффективности грузовых перевозок с участием разных видов транспорта является важным условием снижения дисбаланса провозных возможностей в транспортных системах и развития конкуренции на рынке транспортных услуг. Свыше 90 % объёма мировой торговли перевозится с участием нескольких видов транспорта. Несовершенство используемых организационных, технологических, нормативных, таможенных процедур и механизмов негативно отражается на росте международной торговли и на социально-экономическом положении многих стран, особенно не имеющих выхода к морю.

В рецензируемой монографии выполнен анализ положений как действующих, так и пока не вступивших в силу международных соглашений, регламентирующих международные перевозки грузов с участием различных видов транспорта, обозначены современные тенденции развития, особенности тарифного и правового регулирования таких перевозок, дана оценка перспектив применения мультимодальных технологий при перевозках по международному транспортному коридору «Европа–Кавказ–Азия» (ТРАСЕКА), приведена характеристика способов организации деятельности операторов мультимодальных перевозок с учётом конкретных рыночных условий.

Автор уделит особое внимание вопросам обеспечения экономической безопасности в мультимодальных цепочках поставок внешнеторговых грузов. В приложении представлен краткий глоссарий основных терминов по рассматриваемой тематике в авторском изложении.

Монография представляет собой хорошее практическое пособие для специалистов, профессиональная деятельность которых связана с внешней торговлей,

а также для сотрудников транспортных компаний, осуществляющих международные перевозки грузов с использованием одного или нескольких видов транспорта.

Автор скрупулёзно проанализировал положения многих межгосударственных, межправительственных и отраслевых соглашений, международных стандартов, регламентов, стратегий и прочих руководящих документов, имеющих отношение к организации смешанных перевозок, включая Генеральное соглашение по тарифам и торговле, Международную конвенцию об упрощении и гармонизации таможенных процедур, Глоссарий терминов Европейской экономической комиссии Организации Объединённых Наций (ЕЭК ООН), Рамочные стандарты безопасности и упрощения процедур международной торговли, Конвенцию о договоре международной дорожной перевозки грузов, Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении, Конвенцию о международной железнодорожной перевозке, стандарт ИСО 28000:2005 «Технические условия на системы менеджмента безопасности в цепочке поставок», Основное многостороннее соглашение о международном транспорте по развитию коридора Европа–Кавказ–Азия, Соглашение о развитии мультимодальных перевозок ТРАСЕКА, Стратегию по развитию международного коридора Европа–Кавказ–Азия на 2016–2026 гг., Мастер-план «LOGMOS», Правила ЮНКТАД/ИСС для документов смешанных перевозок.

При этом автор уделяет внимание не только практическим аспектам применения данных документов в деятельности внешнеторговых и транспортных компаний. В монографии также подробно освещены некоторые актуальные теоретические проблемы. На основе результатов сравнительного анализа автор предложил ряд рекомендаций по совершенствованию научной классификации таких перевозок и используемой терминологии. Так как данные предложения носят дискуссионный характер, имеет смысл остановиться на них подробнее.

Значительная часть монографии посвящена анализу положений «Конвенции Организации Объединённых Наций о международных смешанных перевозках грузов» («United Nations Convention on International Multimodal Transport of Goods») от 24 мая 1980 года (далее — Конвенция). Следует отметить, что Конвенция пока не получи-

ла широкой поддержки в международном сообществе и поэтому до сих пор не вступила в силу. Тем не менее её положения отражают накопленный уровень теории и практики в области организации смешанных перевозок и заслуживают пристального внимания и подробного изучения.

Автор проанализировал все разделы Конвенции, рассмотрел содержание каждой статьи, обсудил используемую терминологию, положения предлагаемых договоров, транспортных документов, распределение ответственности между участниками перевозки, условия предъявления претензий и исков, порядок организации таможенного транзита и другие правила. Причём в первую очередь автор обратил внимание на русскоязычное название Конвенции, которое, по его мнению, было некорректно переведено с английского языка. По его мнению, выражение «Multimodal Transport» дословно должно переводиться как «мультимодальные», а не как «смешанные перевозки».

Заметим, что вопрос аутентичности перевода используемой в Конвенции терминологии ранее обсуждался в профессиональном сообществе, и к этому термину не было замечаний. В Конвенции записано, что «международная смешанная перевозка означает перевозку грузов по меньшей мере двумя разными видами транспорта». Как известно, английское сложное слово «multimodal» (от multi — много и mode — вид) означает «много видов». Соответственно фраза «multimodal transport» соответствует русскоязычному выражению «перевозка несколькими видами транспорта». При этом желательно данное выражение дополнять словами о том, что соответствующие виды транспорта поочерёдно (т.е. не одновременно) участвуют в осуществлении единого перевозочного процесса. Для упрощения такой громоздкой формулировки в отечественной практике традиционно применяется термин «смешанные перевозки», который достаточно кратко и точно отражает технологические особенности перевозочного процесса с последовательным участием разных видов транспорта. Кстати, в отечественных научных и нормативных источниках для характеристики сложного по структуре процесса доставки грузов, в котором принимают участие разные виды транспорта, осуществляющие самостоятельные перевозочные циклы, наравне с термином



«смешанная перевозка» используется выражение «перевозка в смешанном сообщении». На наш взгляд, данные формулировки имеют содержательные отличия, тем не менее, чтобы не выходить за рамки рецензируемого материала, будем рассматривать их как синонимы.

Схожая трактовка термина «multimodal transport» как «смешанная перевозка» встречается на официальном интернет-портале транспортного ведомства Еврокомиссии. Стоит отметить, что эксперты этой организации являются активными сторонниками идеи унификации терминологии по перевозкам с участием нескольких видов транспорта. Для разъяснения сути понятия «мультимодальность» («multimodality» или «multimodal transport») европейские эксперты используют словосочетание «mixing transport modes», которое, на наш взгляд, очень близко по смыслу русскому словосочетанию «смешанная перевозка». Примечательно, что 2018 год руководство транспортного ведомства ЕС провозгласило годом мультимодальности — «year of Multimodality». В течение всего прошлого года в странах ЕС проводились мероприятия по стимулированию использования разных видов транспорта, так как организация перевозок на основе принципов мультимодальности обеспечивает повышение эффективности функционирования логистических цепочек, сокращение вредных выбросов, снижение заторов на городских улицах и загородных автомагистралях, улучшает безопасность перевозок и усиливает конкурентные позиции европейских транспортно-логистических компаний на мировом рынке.

Поэтому мнение автора монографии о некорректном переводе названия Конвенции на русский язык, на мой взгляд, недостаточно аргументировано. Впрочем, данное утверждение не означает, что выражение «мультимодальная перевозка» не применяется в русскоязычной профессиональной терминологии, но об этом речь пойдёт позже.

Ещё одно предложение автора в отношении Конвенции предусматривает дополнение её содержания современными широко известными логистическими терминами — «международная цепь поставок», «логистические центры», «безопасность цепи поставок» и другие. Однако для повышения научной и практической ценности данных рекомендаций было бы полезно уточнить, для характеристики каких особенностей процесса международной

смешанной перевозки, модификации каких нормативных положений или изменения содержания транспортных документов необходимы данные термины. При этом на наш взгляд, более актуальной является задача по уточнению содержания терминов, которые используются в Конвенции, но их определения не конкретизированы, в частности, «операции смешанной перевозки», «вывоз», «доставка».

Заслуживает внимания предложение автора о необходимости дополнения Конвенции положениями, уточняющими организационные требования к порядку взаимодействия разных видов транспорта при совместном осуществлении международной смешанной перевозки. Представляется, что такие правила позитивно бы отразились на эффективности перевозочного процесса.

С научной точки зрения представляет интерес предложение автора о необходимости использования различных подходов (критериев) для классификации смешанных перевозок. По его справедливому замечанию, многочисленные понятия, связанные со смешанными перевозками, требуют уточнения и систематизации. В качестве собственного вклада в решение данного вопроса автор дал подробную характеристику термина «мультимодальная перевозка». Этот вид перевозок автор монографии наделяет пятью признаками:

- во-первых, груз перевозится по меньшей мере двумя видами транспорта;
- во-вторых, в течение всей перевозки, в том числе при смене вида транспорта, груз должен находиться в одной транспортной единице;
- в-третьих, перевозка осуществляется под управлением единого оператора, который несёт полную ответственность перед грузоотправителем за весь комплекс услуг, оказываемых субподрядчиками (перевозчиками, терминалами и пр.);
- в-четвёртых, в договоре с оператором устанавливается «сквозной тариф»;
- в-пятых, применяется «единый транспортный документ», который подтверждает как факт приёма груза оператором смешанной перевозки у грузоотправителя, так и факт передачи груза с одного вида транспорта на другой.

В рамках настоящей рецензии не представляется возможным и целесообразным анализировать все предложенные критерии «мультимодальной перевозки». Имеет смысл ограничиться только замечанием,



что используемые в настоящее время понятия «смешанная перевозка» и «мульти-модальная перевозка» не обладают всеми перечисленными признаками. Однако отдельные из этих признаков применяются для характеристики понятия «смешанная перевозка», его подвидов и разновидностей.

Для пояснения данного суждения кратко рассмотрим классификацию смешанных сообщений. При их разделении на группы будем использовать два критерия: во-первых, организационно-правовые особенности отношений между участниками перевозочного процесса, в том числе используемые формы транспортных документов; во-вторых, технологические аспекты осуществления перевозок (в части осуществления перегрузки). По каждому из этих критериев образуются две группы смешанных сообщений. Обращаем внимание, что предложенная ниже модель разделения смешанных перевозок на подвиды представляет собой один из хорошо известных науке вариантов классификации транспортных сообщений.

Как отмечалось выше, в отечественной практике перевозка грузов, пассажиров и багажа с участием нескольких видов транспорта традиционно называется «смешанной перевозкой» или «перевозкой в смешанном сообщении». В то же время в отдельных российских законодательных актах (например, в Уставе железнодорожного транспорта РФ) к категории перевозок в «смешанном сообщении» относятся только внутригосударственные – в пределах территории Российской Федерации, а перевозки несколькими видами транспорта с участием железнодорожного транспорта между станциями в различных государствах, в том числе транзит, являются «перевозками в международном сообщении». Необходимость разграничения на международные и смешанные железнодорожные сообщения во многом объясняется отраслевой спецификой, так как при пересечении железнодорожным составом государственной границы груз (вагон с грузом) передаётся в ведение иностранного перевозчика, а на других видах транспорта зарубежный сегмент международного сообщения выполняется, как правило, тем же перевозчиком. Если между администрациями железных дорог нет соглашения о международном сообщении, то производится переоформление транспортных документов на груз. При наличии такого со-

глашения переоформление документов не производится.

Основным классификационным критерием перевозок в смешанном сообщении, в том числе в международном сообщении с участием железнодорожного транспорта, являются организационно-правовые условия взаимодействия и используемые при этом перевозочные документы. Если смешанная перевозка осуществляется в условиях тесного взаимодействия между разными видами транспорта на основе предварительно заключённых соглашений, а при передаче груза (пересадке пассажира) используется единый транспортный документ (транспортная накладная), оформленный на весь маршрут следования, то такая перевозка является «прямой смешанной». В пунктах перевалки (пересадки) транспортные предприятия обязаны обеспечивать бесперебойную и равномерную подачу вагонов, судов и автомобилей под погрузку (пересадку), предусматривать возможности для перевалки грузов с одного вида транспорта на другой по прямому варианту (без выгрузки в склад). Если смешанная перевозка осуществляется на каждом виде транспорте по отдельным перевозочным документам, то такая перевозка считается «непрямой смешанной».

Организацией прямых и непрямых смешанных перевозок грузов, как правило, занимается профессиональный посредник (экспедитор, логист), который на основании договора с грузоотправителем выступает в качестве его агента (или представителя) и заключает договоры с фактическими перевозчиками, или сам выполняет соответствующие услуги. В эту цепочку правоотношений может входить ещё одно дополнительное звено – так называемый «оператор смешанной перевозки», который заключает договор смешанной перевозки с грузоотправителем (или с его посредником) и обязуется доставить груз с использованием разных видов транспорта, а также принимает на себя всю ответственность за качество исполнения услуги, в том числе за нарушения условий договора по вине привлечённых им перевозчиков.

Оператор смешанной перевозки выдаёт грузоотправителю документ (коносамент), удостоверяющий договор смешанной перевозки, принятие груза оператором в своё ведение, а также его обязательство доставить груз в соответствии с условиями этого договора. Вместе с тем, коносамент не



выполняет функцию единого транспортного документа (транспортной накладной), который применяется в прямых смешанных сообщениях. Поэтому участие оператора смешанной перевозки не имеет определяющего значения для классификации смешанных перевозок на прямые или не прямые сообщения. Привлечение оператора смешанной перевозки также, как и применение сторонами смешанной перевозки «сквозного тарифа», являются критериями разделения прямых и не прямых смешанных сообщений на разновидности. Например, прямое смешанное сообщение с участием оператора смешанной перевозки; не прямое смешанное сообщение с участием оператора смешанной перевозки на основе «сквозного тарифа» и т.п.

Смешанные перевозки также могут быть классифицированы на подвиды по технологическому критерию, который отражает особенности осуществления перегрузки при смене видов транспорта. Стандартный вариант перегрузки при смене вида транспорта предусматривает перевалку собственно груза из одного транспортного средства в другое. Такой подвид смешанных сообщений, по нашим данным, часто называется «мультимодальной перевозкой». Для сторонников использования термина «мультимодальная перевозка» в качестве синонима «смешанной перевозки», можем предложить для обозначения указанного выше подвида термин «дискретномодальная перевозка» (*discrete modal*).

Второй вариант предусматривает перегрузку не груза, а так называемой интермодальной грузовой единицы (контейнера, съёмного кузова, полуприцепа и пр.) или автотранспортного средства. В отечественной практике такой подвид смешанных перевозок традиционно называется «бесперегрузочное сообщение». Однако в последнее время чаще употребляется англоязычный термин «интермодальная перевозка» (*intermodal transport*). При этом мультимодальные и интермодальные перевозки могут осуществляться как под управлением оператора смешанной перевозки, так и без его участия.

В Европейском союзе распространены так называемые «комбинированные перевозки» (*Combined Transport*). По мнению экспертов Комитета по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН, которые разработали специаль-

ный глоссарий по комбинированным перевозкам, данный способ является разновидностью интермодальных перевозок, в рамках которого большая часть европейского рейса приходится на железнодорожный, внутренний водный или морской транспорт, а любой начальный и/или конечный отрезок пути, на котором используется автомобильный транспорт, является максимально коротким. В соответствии с положениями Директивы ЕС 92/106/ЕС от 7 декабря 1992 года комбинированные перевозки осуществляются между государствами-членами Евросоюза, при этом протяжённость автодорожного маршрута (измеряется расстоянием по прямой) не должна превышать 100 км для автомобильно-железнодорожных перевозок и 150 км для перевозок автомобильным и внутренним водным или автомобильным и морским транспортом. Активное применение комбинированных перевозок в странах ЕС в качестве альтернативы автодорожным сообщениям поддерживается правительственными структурами посредством предоставления административных и финансовых преференций с целью снижения загрузки магистральной сети грузовым трафиком.

В экспертной среде ведётся дискуссия об отнесении комбинированных перевозок к категории прямых смешанных сообщений, при которых может применяться единый транспортный документ (транспортная накладная). По действующему российскому законодательству порядок организации перевозок в прямом смешанном сообщении определяется соглашениями между организациями соответствующих видов транспорта. Согласно статье 788 Гражданского кодекса РФ (ГК РФ), условия данных соглашений должны соответствовать требованиям «закона о прямых смешанных (комбинированных) перевозках».

Так как на момент вступления в силу ГК РФ в 1996 году такого закона не было, то в соответствии с указанным в статье 788 правилом для регулирования отношений между перевозчиками при прямых смешанных сообщениях должен быть принят специальный законодательный акт. Безусловно, появление отдельного закона с унифицированными для всех видов транспорта правилами перевозок в прямом смешанном сообщении позитивно отразится на работе отрасли, будет стимулировать взаимодействие разных видов транс-

порта, независимо от их формы собственности и ведомственной принадлежности.

В настоящее время обсуждается доработанный проект федерального закона «О прямых смешанных (комбинированных) перевозках». Из буквального названия законопроекта можно предположить, что термины «прямая смешанная» и «комбинированная» перевозки являются синонимами. Вместе с тем в тексте законопроекта комбинированная перевозка определяется как разновидность прямой смешанной перевозки, которая выполняется по интермодальной технологии, то есть без перегрузки груза при смене вида транспорта. Однако такая трактовка комбинированных перевозок несколько отличается от распространённого в международной практике определения данного термина, в котором акцент делается не на использовании единого транспортного документа, а на ограничении протяжённости рейса, выполняемого автомобильным транспортом. Кроме того, представляется допустимым, чтобы любые разновидности интермодальных перевозок, а не только комбинированные, могли осуществляться в прямом смешанном сообщении. Поэтому имеет смысл дополнительно обсудить целесообразность использования слова «комбинированных» в названии закона о прямых смешанных перевозках, которое указано в ст. 788 ГК РФ.

Многообразие критериев разделения смешанных сообщений на подвиды и разновидности определяет актуальность разработки обобщённой классификационной модели данной научно-практической категории. Однако разработка такой модели представляется достаточно сложной теоретической задачей, так как при построении классификационных моделей должны соблюдаться принципы соразмерности, непрерывности и непересекаемости понятий, тогда как многие разновидности смешанных перевозок, например, интермодальные прямые смешанные перевозки, образуются по нескольким классификационным основаниям, в частности, организационным и технологическим. Поэтому предстоит выявить наиболее общие критерии разделения смешанных сообщений, идентифицировать все используемые на практике разновидности данных сообще-

ний и распределить их по таксономическим группам на основании общих свойств и признаков. Для отображения взаимосвязанности элементов обобщённой классификационной модели смешанных перевозок, вероятно, потребуется использовать сложную многоуровневую структуру матричного типа.

На современном этапе работа всех видов транспорта, также как и других отраслей экономики, стремительно трансформируется под воздействием цифровых технологий. Например, частный бизнес и государственные органы всё более активно взаимодействуют посредством электронных систем обмена данными, многие документы, в том числе, транспортные накладные и таможенные декларации, из бумажной формы переводятся в цифровой формат. Отдельные тенденции цифровизации транспортной отрасли отражены в монографии, что подтверждает актуальность рецензируемой работы и нацеленность её положений на перспективу. Однако отечественным и зарубежным исследователям ещё только предстоит изучить влияние цифровых технологий на условия использования разных видов транспорта во внутригосударственных и международных сообщениях, выявить рациональные формы их взаимодействия и, возможно, пополнить глоссарий новыми терминами, которые будут отражать особенности осуществления смешанных перевозок в условиях цифровизации отрасли и способствовать интеграции транспортных систем евразийских государств.

В заключение хотел бы вновь отметить безусловную ценность рецензируемой монографии, так как она — и это следует в русле заявленной её автором цели — является побудительным мотивом для широкой дискуссии, и высказанные мной соображения — отнюдь не критические замечания, а часть такого обсуждения, приглашение к его продолжению, так как инициированная автором книги тема, безусловно, — в числе важнейших для современного транспорта.

**О. Н. ЛАРИН,**  
доктор технических наук, профессор  
Российского университета транспорта ●

Координаты автора: **Ларин О. Н.** – [larin\\_on@mail.ru](mailto:larin_on@mail.ru)

Рецензия поступила в редакцию 06.02.2019, принята 17.03.2019.



**Platonov, O. I. Multimodal transportation of goods: the state of affairs today and the prospects for implementation. Kiev, 2018, 160 p.**



### ABSTRACT

The reviewed monograph by O. I. Platonov «Multimodal transportation of goods: the state of affairs today and the prospects for implementation» explores the current state and prospects for further development of international transportation of goods using several modes of transport. The book presents the results of a comparative analysis of the provisions of many interstate, intergovernmental and industry agreements, international standards,

regulations, strategies and other governing documents related to organization of multimodal transportation. The author paid special attention to ensuring economic security in multimodal supply chains for foreign trade goods. The appendix contains a brief glossary of key terms and definitions developed by the author

In the context of the monograph review, a discussion was initiated on the approaches to classification of international transport according to various criteria.

**Keywords:** international transport, multimodal transport, multimodal transportation, combined transport, intermodal transport.

*Improving efficiency of cargo transportation with participation of different modes of transport is an important condition for reducing the imbalance of transportation capacity of transport systems and for development of competition in the transport services market. Over 90 % of world trade is transported using several modes of transport. The imperfection of the used organizational, technological, regulatory, customs procedures and mechanisms has a negative impact on the growth of international trade and on the socio-economic situation of many countries, especially those deprived of access to the sea.*

*The monograph under review analyzes the provisions of both existing and not yet validated international agreements governing international transport of goods by various modes of transport, identifies current development trends, features of tariff and legal regulation of such transport, assesses the prospects for the use of multimodal technology for transportation through the international transport corridor «Europe–Caucasus–Asia» (TRACECA), describes the ways of organizing activities of multimodal transport operators, taking into account the specific market conditions.*

*The author paid special attention to the issues of economic safety within multimodal supply chains of foreign trade goods. The appendix contains a brief glossary of key terms and definitions, developed by the author.*

*The monograph is a good practical guide for the experts whose professional activities are related to foreign trade, as well as for the employees of transport companies engaged in international transport of goods by one or more modes of transport.*

*The author carefully analyzed the provisions of many interstate, intergovernmental and industry agreements, international standards, regulations, strategies and other guidelines related to organization of multimodal transport, including the General Agreement on Tariffs and Trade, the International*

*Convention on the Simplification and Harmonization of Customs Procedures (known as Revised Kyoto Convention), the Glossary of Terms of the United Nations Economic Commission for Europe (UNECE), Framework of Standards to Secure and Facilitate Global Trade (SAFE Framework), Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road, the Agreement on International Goods Traffic by Rail (SMGS), Convention concerning International Carriage by Rail, ISO 28000:2005 «Specification for security management systems for the supply chain» [now replaced by ISO 28000:2007 – Ed. note], Basic Multilateral Agreement on International Transport for Development of the Europe–the Caucasus–Asia Corridor, Agreement on Development of Multimodal Transport TRACECA, Strategy for development of the international transport corridor Europe–the Caucasus–Asia for 2016–2026, Master Plan for the implementation of TRACECA LOGMOS, the UNCTAD/ICC Rules for multimodal transport documents.*

*The author pays attention not only to the practical aspects of application of these documents in the activities of foreign trade and transport companies, the monograph also highlights some topical theoretical problems. Based on the results of a comparative analysis, the author proposed several recommendations for improving the scientific classification of such transport and the terminology used. Since these proposals are debatable, it makes sense to dwell on them in more detail.*

*A significant part of the monograph is devoted to the analysis of the provisions of the «United Nations Convention on International Multimodal Transport of Goods» of May 24, 1980 (hereinafter – the Convention). It should be noted that the Convention has not yet received broad support in the international community and, therefore, has not yet entered into force. Nevertheless, its provisions reflect the cumulated level of theory and practices in the field of organization of multimodal transport, therefore they deserve close attention and detailed study.*

The author has analyzed all sections of the Convention, reviewed the content of each article, discussed the terminology used, the provisions of the proposed contracts, transport documents, distribution of responsibility between transportation participants, the conditions for filing claims and complaints, the procedure for organizing customs transit and other rules. First, the author has drawn attention to the Russian-language title of the Convention, which, in his view, was incorrectly translated from English. In his opinion, the key word in the expression «Multimodal Transport» should be literally translated as «multimodal», and not as «mixed transport».

Shall we note that the question of the authenticity of the translation of the terminology used in the Convention was previously discussed in the professional community, and there were no comments on this term. The Convention states that «international multimodal transport means the carriage of goods by at least two different modes of transport». As you know, the English compound word «multimodal» means «many modes». Accordingly, the phrase «multimodal transport» corresponds to the Russian-language expression «transport by several modes of transport». In this case, it is desirable to supplement this expression with the words that the respective modes of transport are alternately (that is, not simultaneously) involved in implementation of a single transportation process. To simplify such a bulky formulation, the term «mixed transport» is traditionally used in Russian practices, which rather briefly and accurately reflects the technological features of the transportation process with the consistent participation of different modes of transport. By the way, for description of a complex structure of the process of cargo delivery, in which different modes of transport take part, each of them carries out independent transportation cycles, Russian scientific and regulatory sources use the expression «transportation in a mixed transport» along with the term «mixed (if translated literally, otherwise multimodal) transport». In our opinion, these formulations have substantial differences, however, in order not to go beyond the scope of the reviewed material, we will consider them as synonyms.

A similar interpretation of the term «multimodal transport» as of mixed transport is found on the official Internet Website of the European Commission Mobility and Transport department. It is worth noting that the experts of this organization are active supporters of the idea of harmonization of transport terminology involving several modes of transport. To clarify the essence of the concept of «multimodality» (or «multimodal transport»), European experts use the phrase «mixing transport modes», which, in our opinion, is very close to the Russian phrase «mixed transportation». It is noteworthy that 2018 was declared by the management of the EU Mobility and Transport a year of multimodality. Throughout the past year, EU countries have taken measures to promote the use of different modes of transport, since

organizing transportation based on multimodality improves the performance of supply chains, reduces harmful emissions, reduces congestion on city streets and country roads, improves traffic safety and enhances competitive position of European transport and logistics companies in the world market.

Therefore, in our view, the opinion of the author of the monograph on incorrect translation of the name of the Convention into Russian is not sufficiently reasoned. However, this statement does not mean that the expression «multimodal transport» is not used in Russian-language professional terminology, but this will be discussed later.

Another author's proposal for the Convention provides for the addition to its content of modern well-known logistics terms – «international supply chain», «logistics centers», «supply chain security» and others. However, in order to increase the scientific and practical value of these recommendations, it would be useful to clarify which characteristics of the process of international multimodal transport, the modification of which regulations, or changes in the content of transport documents require these terms. In this case, in our opinion, instead it is timely to clarify the content of terms already used in the Convention, but whose definitions are not specified, particularly, such terms as «multimodal transport operations», «export», «delivery».

The author's proposal on the need to supplement the Convention with provisions, clarifying the organizational requirements for the interaction of different modes of transport during joint international multimodal transport, deserves attention. Such rules seem to positively affect the efficiency of the transportation process.

From the scientific point of view, the proposal of the author about the need to use different approaches (criteria) for classification of multimodal transport is of interest. According to his fair comment, numerous concepts related to multimodal transport require clarification and systematization. As a contribution to the solution of this issue, the author gave a detailed description of the term «multimodal transport». The author of the monograph attributes five features to that type of transport:

- firstly, the cargo is transported by at least two modes of transport;
- secondly, during the whole transportation, including when changing the mode of transport, the cargo must be in one and the same transport unit;
- thirdly, transportation is carried out under the control of a single operator, who is fully responsible to the shipper for the whole range of services provided by subcontractors (carriers, terminals, etc.);
- fourthly, the «through tariff» is set by the agreement with the operator;
- fifthly, a «single transport document» is applied, which confirms both the fact of cargo acceptance from the shipper by the multimodal transport operator and the fact of transferring cargo from one mode of transport to another.



Within the framework of this review, it is not possible and expedient to analyze all the proposed criteria for «multimodal transport». It makes sense to confine ourselves only to the remark that the currently used concepts of «multimodal transport» and «mixed transport» do not respond to all the listed features. However, some of these features are used to characterize the concept of «mixed transport», its subspecies and varieties.

To clarify this statement, we briefly consider classification of mixed transport. For dividing it into groups, we will use two criteria: firstly, organizational and legal features of relations between participants in the transportation process, including the forms of transport documents used; secondly, the technological aspects of transportation (in terms of the implementation of reloading). For each of these criteria, two groups of mixed transport are formed. We would like to draw your attention to the fact that the model of division of multimodal transport into subspecies proposed below is one of the transport classification options that are well known to researchers.

As noted above, in domestic practices, carriage of goods, passengers and baggage with participation of several modes of transport is traditionally called «mixed transport» or «transport in a mixed traffic». At the same time, in some Russian legislative acts (for example, in the Charter of the Russian railway transport) the category of «mixed transport» includes only intrastate transport within the territory of the Russian Federation, while transport by several modes of transport involving railway transport between stations in different countries, including transit, is called «international transport». The need to distinguish between international and mixed railway transport is largely due to industry specifics, since when a train crosses the state border, the cargo (wagon with cargo) is transferred to a foreign carrier, while in other modes of transport, the foreign segment of the international transport, as a rule, is performed by one and the same carrier. If there is no agreement on international transport between the administrations of the railways, then the transport documents for the cargo are re-issued. If such an agreement exists there is no need for re-issuing of the documents.

The main classification criterion for transportation in mixed transport, including international transport involving railway transport, relies on organizational and legal conditions for the interaction and the used shipping documents. If multimodal transport is carried out under conditions of close interaction between different modes of transport on the basis of previously concluded agreements, and a single transport document (waybill) issued for the entire route is used while transferring cargo (passenger transfer) then such transportation is deemed to be a «direct mixed transport». At transfer (transshipment) points, transport enterprises should provide uninterrupted and uniform supply of cars, ships and vehicles for loading (transfer), opportunities for transferring goods from one mode of transport to another directly (without unloading into a warehouse).

If mixed transport is carried out by each mode of transport based on separate transportation documents, then such transportation is considered «indirect mixed transport».

The organization of direct and indirect multimodal transport of goods is usually handled by a professional intermediary (freight forwarder, logistics) who, on the basis of an agreement with the shipper, acts as his agent (or representative) and concludes contracts with actual carriers or performs the corresponding services. This chain of legal relations may include another additional link – the so-called «multimodal transport operator», who concludes a multimodal transport contract with the shipper (or with his intermediary) and undertakes to deliver the goods using different modes of transport, and also assumes all responsibility for quality of performance of the service, including for violations of the terms of the contract through the fault of the carriers attracted by him.

The multimodal transport operator issues to the consignor a document (bill of lading) certifying the multimodal transport agreement, acceptance of the goods by the operator, as well as his obligation to deliver the goods in accordance with the terms of this agreement. However, the bill of lading does not perform the function of a single transport document (waybill), which is used in direct mixed transport. Therefore, participation of the multimodal transport operator is not decisive for classification of multimodal transport as of direct or indirect transport. The involvement of the multimodal transport operator, as well as the use by the parties of the multimodal transport of the «through tariff», are criteria for further separation of direct and indirect mixed transport into varieties. For example, direct mixed transport with the participation of the operator of the multimodal transport; indirect mixed transport with participation of the multimodal transport operator based on the «through tariff», etc.

Multimodal transport can also be classified by subspecies by technological criterion, which reflects the characteristics of implementation of reloading when changing modes of transport. The standard variant of reloading when changing the mode of transport involves the transfer of the cargo itself from one vehicle to another. Such a type of mixed transport, according to our data, is often referred to as «multimodal transport». For supporters of the use of the term «multimodal transport» as of a synonym of «mixed transport», we can suggest the term «discrete modal transport» to refer to the above subspecies.

The second option provides for reloading not of cargo, but of the so-called intermodal loading unit (container, demountable body, semi-trailer, etc.) or vehicle. In domestic practices, such a sub-type of multimodal transport is traditionally called «reloading-free transport». However, in the latter time the English-language term «intermodal transport» is more commonly used. At the same time, multimodal and intermodal transport can be carried out both under the control of the multimodal transport operator and without his participation.

In the European Union, the so-called «combined transport» is commonly used. According to experts of the Inland Transport Committee of the United Nations Economic Commission for Europe, who have developed a special glossary on combined transport, this method is a kind of intermodal transport, in which most of the European voyage falls on rail, inland waterway or sea transport, and any start/terminal segment of the route on which road transport is used is as short as possible. In accordance with the provisions of EU Directive 92/106/EC of December 7, 1992, combined transport is carried out between EU member states, while the length of the road route (measured by a straight line) should not exceed 100 km for road and rail traffic and 150 km for transport by road and inland waterway or by road and sea. The active use of combined transport in EU countries as an alternative to road traffic is supported by government bodies by providing administrative and financial preferences in order to reduce the load traffic on the main road network.

Expert community is discussing classifying combined transport as a direct mixed transport, in which a single transport document (waybill) can be applied. According to the current Russian legislation, the procedure for organizing carriages with direct mixed transport is determined by agreements between organizations of the respective modes of transport. According to article 788 of the Civil Code of the Russian Federation, the terms of these agreements must comply with the requirements of the «law on direct mixed (combined) transportation».

Since at the time of the entry into force of the Civil Code of the Russian Federation in 1996 such law was missing, in accordance with the rule specified in article 788 to regulate relations between carriers in case of direct mixed transport a special legislative act should be adopted. Of course, the emergence of a separate law with uniform transport rules for all modes of transport in a direct mixed transport will have a positive impact on the industry, will stimulate the interaction of different modes of transport, regardless of their ownership and departmental affiliation.

Currently, a revised draft federal law «On Direct Mixed (Combined) Transport» is being discussed. From the literal name of the draft law we can assume that the terms «direct mixed» and «combined» transport are synonymous. At the same time, in the text of the draft law, combined transport is defined as a type of direct multimodal transport, which is carried out using intermodal technology, that is, without reloading the cargo when changing the mode of transport. However, this interpretation of combined transport is somewhat different from the definition of this term that is common in international practices, in which the emphasis is not on using a single transport document, but on limiting the length of a voyage performed by road. In addition, it seems

acceptable that any kind of intermodal transport, and not only combined, can be carried out in a direct mixed transport. Therefore, it makes sense to further discuss feasibility of using the word «combined» in the title of the law on direct multimodal transport, which is specified in article 788 of the Civil Code of the Russian Federation.

The variety of criteria for dividing mixed transport into subspecies and varieties determines the relevance of developing a generalized classification model in that scientific and practical category. However, development of such a model seems to be quite a difficult theoretical task, since the principles of proportionality, continuity and non-intersection of concepts should be observed when constructing classification models, while many types of multimodal transport, for example, intermodal direct multimodal transport, are formed on several classification grounds, in particular, organizational and technological ones. Therefore, it is necessary to identify the most common criteria for division of mixed transport into categories or types, to identify also all the types of this transport used by business, and to distribute them into taxonomic groups based on common properties and features. To reflect the interconnectedness of the elements of the generalized classification model of multimodal transport, it is likely that it will be necessary to use the complex multi-level structure of the matrix type.

At the present stage, the operation of all types of transport as well as other sectors of the economy is rapidly transforming under the influence of digital technologies. For example, private business and government agencies are increasingly interacting through electronic data exchange systems, many documents, including bills of lading and customs declarations, are transferred from paper form to digital format. Some trends in digitalization of the transport industry are reflected in the monograph, and that fact confirms the relevance of the monograph under review, and its focus of its provisions on the future. However, domestic and foreign researchers have yet to study the impact of digital technologies on the operation of different modes of transport in domestic and international transport, to identify rational forms of their interaction and, possibly, to supplement the glossary with new terms that will reflect the characteristics of multimodal transport within the digitalized industry and promote the integration of transport systems of Eurasian states.

In conclusion, I would like to reiterate the unconditional value of the monograph under review, since it – and this follows the goal stated by its author – is an incentive for a broad discussion, and the considerations I made are not critical comments, but part of such discussion, an invitation to its continuation, since the theme initiated by the author of the book is, of course, among the most important for modern transport. ●

Information about the author:

**Larin, O. N.** – D.Sc. (Eng), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, [larin\\_on@mail.ru](mailto:larin_on@mail.ru).

Review received 06.02.2019, accepted 17.03.2019.



**АВТОРЕФЕРАТЫ  
ДИССЕРТАЦИЙ**

*Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D.  
theses submitted at Russian  
transport universities  
(англ. текст – English text – p.308)*

**Бобровник А. Б. Минимизация негативного воздействия ионов свинца на геосистемы минеральными сульфатсодержащими строительными и природными средствами / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2018. – 16 с.**

Термодинамически обоснованы возможность связывания ионов свинца в труднорастворимое соединение, аналогичное природному англезиту, помощь минеральных веществ сульфатокальциевой и магниальной природы, а также возможность увеличения геоэкозащитной ёмкости сульфатсодержащих строительных систем до 27,5 мг/г с образованием вещества, аналогичного природному церусситу. Установлено, что природные минеральные растворы, содержащие сульфат-анионы и связывающие ионы свинца в труднорастворимые соединения типа англезита, могут быть рассмотрены как средство минимизации негативного воздействия ионов свинца на окружающую среду. Предложены формулы для расчёта массы минеральных строительных изделий сульфатокальциевой и магниальной природы и объёма растворов для удельного (на 1 ПДК) снижения концентрации ионов свинца в геосистеме.

*Работа выполнена в Петербургском государственном университете путей сообщения императора Александра I.*

**Демидов Р. А. Выявление угроз нарушения информационной безопасности в сетях с динамической топологией с использованием методов глубокого обучения / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2018. – 14 с.**

В диссертации предложена формализация задачи обнаружения угроз нарушения безопасности (УНБ) в виде многомерной булевой функции существования угрозы. Разработан метод выявления УНБ на ос-

нове приближения булевой функции существования угрозы с использованием аппарата глубокого обучения, обеспечивающего реальное время выявления УНБ. Предложена методика расширения класса обнаруживаемых угроз путём рационального выбора вычислительной архитектуры глубокой нейронной сети, обоснована гибридная архитектура, позволяющая повысить точность результатов УНБ и обеспечить работу с входными данными переменной структуры. Создан метод формирования семантических представлений дискретных данных условий обучающей выборки недостаточного размера.

*Работа выполнена в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого.*

**Калиберда И. В. Модель и алгоритмы формирования комплекса средств телевизионного наблюдения и технической охраны объектов информатизации / Автореф. дис... канд. техн. наук. – СПб.: ПГУПС, 2018. – 16 с.**

Предложенная автором теоретико-множественная модель комплекса средств телевизионного наблюдения и технической охраны отличается вариативностью принятия решений, наличием подмножеств, учитывающих 3D-характеристики пространства защищаемого объекта и трёхмерные пространственно-энергетические характеристики средств визуального обнаружения и контроля. Разработанный алгоритм определения дальности действия пассивных оптико-электронных средств ИК-диапазона основывается на интерпретации энергетического соотношения при пассивной локации, учитывает тепловые поля фоновых шумов. Алгоритм выбора и размещения средств наблюдения обеспечивает безызыточную полноту перекрытия защищаемого модельного 3D-пространства. Программная реализация задач комплекса учитывает уровень критичности (важности) защищаемого категоризованного объекта, экономические факторы и вероятностные характеристики обнаружения нарушителя, задаваемые ограничения.



**Кононов Д. П. Повышение работоспособности цельнокатаных колёс подвижного состава железных дорог / Автореф. дис... док. техн. наук. — СПб.: ПГУПС, 2018. — 32 с.**

В диссертационном исследовании определены показатели, устанавливающие влияние неметаллических включений на развитие коррозии в цельнокатаных железнодорожных колёсах, а также на их работоспособность. Дана оценка напряжённого состояния эксплуатирующихся колёс, проанализированы осевые нагрузки, остаточные и монтажные напряжения, термические нагрузки, возникающие при торможении. Разработана расчётно-экспериментальная методика анализа изломов колёсной стали, позволяющая определить эксплуатационную надёжность цельнокатаных колёс. Предложен и исследован новый метод повышения их работоспособности, заключающийся в обточке поверхности диска для достижения наилучших показателей качества поверхностного слоя, установлены требования к режимам механической обработки. Применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы математического моделирования и комплексных технологий, раскрыты проблемы несоответствия существующих представлений о величине модуля упругости стали при различной твёрдости.

*Работа выполнена в Петербургском государственном университете путей сообщения императора Александра I.*

**Конохов Д. В. Энергоэффективное прямое управление моментом асинхронных тяговых электродвигателей / Автореф. дис... канд. техн. наук. — М.: РУТ, 2018. — 23 с.**

Разработаны способ и система энергоэффективного прямого управления моментом асинхронных тяговых электродвигателей, а также энергосберегающий алгоритм управления асинхронным электроприводом в системе прямого управления моментом по критерию минимума тока статора, реализованный на основе оптимального регулирования задания потокосцепления статора в зависимости от задания момента асинхронных тяговых элект-

родвигателей (АТД). Предложен блок логики переключений системы управления на энергосберегающий алгоритм формирования задания потокосцепления для тягового электропривода локомотивов с учётом контроля текущего режима и условий его работы. Определены оптимальные по критерию минимума тока статора зависимости потокосцепления и угла между векторами тока и потокосцепления статора (моментаобразующими векторами) от нагрузки для асинхронных тяговых электродвигателей тепловозов.

*Работа выполнена в Брянском государственном техническом университете.*

**Фроловичев А. И. Управление развитием транспортной компании на основе принципа сбалансированности использования ресурсов / Автореф. дис... канд. экон. наук. — М.: РУТ, 2018. — 24 с.**

Научная новизна исследования состоит в разработке методического инструментария по совершенствованию экономических механизмов управления ресурсами транспортной компании, обеспечивающих её развитие в рамках единого транспортного комплекса. Сформулирована и доказана гипотеза о возможности управления развитием транспортного комплекса на основе принципа сбалансированности ключевых ресурсов. Разработан комплексный подход к анализу, оценке, моделированию уровня сбалансированности ресурсов для целей текущего и стратегического управления с учётом стоимости замещения этих ресурсов. Используется экономико-математическая модель транспортной компании, позволяющая связать результирующие экономические показатели со стоимостью ключевых ресурсов и спецификой экономических отношений на транспорте. Предложен методический подход к оценке влияния научно-технического прогресса, а также организационных изменений на экономические результаты деятельности компании.

*Работа выполнена в Российском университете транспорта.*

**Подготовила Наталья ОЛЕЙНИК ●**



## ABSTRACTS of D.Sc. and Ph.D. THESES

*Selected abstracts of D.Sc. and Ph.D. theses submitted at Russian transport universities*

**Bobrovnik, A. B. Minimizing the negative effects of lead ions on geosystems with mineral sulfate-containing building and natural products. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Minimizatsiya negativnogo vozdeistviya ionov svintsya na geosistemy mineralnymi sulfatosoderzhashchimi stroitelnyimi i prirodnyimi sredstvami. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. St. Petersburg, PSTU, 2018, 16 p.**

The possibility of binding lead ions into a poorly soluble compound, similar to natural anglesite, help of minerals of sulfate-calcium and magnesia nature, as well as the possibility of increasing the geo-protective capacity of sulfate-containing building systems to 27,5 mg/g with formation of a substance similar to natural cerussite, have been justified thermodynamically. It has been established that natural mineral solutions containing sulphate anions and binding lead ions in poorly soluble compounds such as anglesite can be considered as a means of minimizing the negative impact of lead ions on the environment. Formulas are proposed for calculating the mass of mineral building products of sulphate-calcium and magnesia nature and the volume of solutions for a specific (by 1 MAC) decrease in concentration of lead ions in the geosystem.

*The work was done at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

**Demidov, R. A. Identification of threats of information security breaches in networks with a dynamic topology using deep learning methods. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Vyyavlenie ugroz narusheniya informatsionnoi bezopasnosti v setyakh s dinamicheskoi topologiei s ispolzovanim metodov glubokogo obucheniya. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. St. Petersburg, PSTU, 2018, 14 p.**

In the thesis, formalization of the problem of detecting threats of security breaches (TSB) as a multidimensional boolean

function of existence of a threat is proposed. A method has been developed for detecting TSB on the basis of approximating a boolean function of existence of a threat using a deep learning apparatus that provides real-time detection of TSB. A method for expanding the class of detectable threats by a rational choice of the computational architecture of a deep neural network is proposed. A hybrid architecture is justified, which allows to improve the accuracy of the results of TSB and ensure the work with the input data of the variable structure. A method has been created for forming semantic representations of discrete data of conditions of a training sample of insufficient size.

*The work was done at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University.*

**Frolovichev, A. I. Managing the development of a transport company based on the principle of balanced use of resources. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Upravlenie razvitiem transportnoi kompanii na osnove printsipa sbalansirovannosti ispolzovaniya resursov. Avtoref. dis... kand. ekon. nauk]. Moscow, RUT, 2018, 24 p.**

The scientific novelty of the research consists in development of methodological tools for improving the economic mechanisms for managing the resources of a transport company, ensuring its development within a single transport complex. A hypothesis was formulated and proved about the possibility of managing the development of the transport complex on the basis of the principle of balanced key resources. An integrated approach to analysis, evaluation, modeling of the level of balance of resources for current and strategic management has been developed, taking into account the cost of replacing these resources. The economic and mathematical model of the transport company is used to link the resulting economic indicators with the cost of key resources and the specifics of economic relations in transport. A methodical approach to assessing the impact of scientific and technological progress, as well as of organizational changes on the economic performance of the company, is proposed.

*The work was done at Russian University of Transport.*

**Kaliberda, I.V. Model and algorithms for formation of a complex of means of television monitoring and technical protection of informatization objects. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Model i algoritmy formirovaniya kompleksa sredstv televizionnogo nablyudeniya i tekhnicheskoi okhrany ob'ektov informatizatsii. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. St. Petersburg, PSTU, 2018, 16 p.**

The set-theoretic model of a complex of television surveillance and technical protection proposed by the author differs by decision-making variability and by the presence of subsets that take into account the 3D characteristics of the protected object's space and three-dimensional spatial-energy characteristics of visual detection and control means. The developed algorithm for determining the range of passive optical-electronic infrared devices is based on the interpretation of the energy ratio in passive location, thermal fields and background noise. An algorithm for selecting and placing monitoring tools ensures non-redundant overlap of the protected 3D model space. The software implementation of the tasks of the complex takes into account the level of criticality (importance) of the protected categorized object, economic factors and probabilistic characteristics of intruder detection, constraints.

**Kononov, D. P. Improving performance of solid-rolled wheels of railway rolling stock. Abstract of D.Sc. (Eng) thesis [Povyshenie rabotosposobnosti tselnokatanykh koles podvizhnogo sostava zheleznykh dorog. Avtoref. dis... dok. tekhn. nauk]. St. Petersburg, PSTU, 2018, 32 p.**

In the dissertation research, indicators are determined that establish the influence of non-metallic inclusions on development of corrosion in solid-rolled railway wheels, as well as on their performance. The stress state of wheels in service is estimated, axial loads, residual and assembly stresses, and thermal loads arising during braking are analyzed. A computational-experimental method for analyzing fractures of wheel steel has been developed, which makes it possible

to determine the operational reliability of solid wheels. A new method of increasing their efficiency was proposed and investigated, consisting in turning the surface of a disk to achieve the best indicators of quality of the surface layer, and the requirements for machining modes were established. With regard to the thesis problematic, the methods of mathematical modeling and complex technologies were used productively, the problems of inconsistency of the existing ideas about the magnitude of the elastic modulus of steel with different hardness were revealed.

*The work was done at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.*

**Konokhov, D. V. Energy-efficient direct torque control of asynchronous traction motors. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [Energoeffektivnoe pryamoe upravlenie momentom asinkhronnykh tyagovykh elektrodvigatelyei. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. Moscow, RUT, 2018, 23 p.**

A method and system for energy-efficient direct control of asynchronous traction electric motors, as well as an energy-saving control algorithm for asynchronous electric drive in the direct torque control system based on the stator current minimum criterion, are developed based on the optimal control of the stator flux linkage setting depending on the ATD torque reference. A logic switching unit of the control system is proposed for an energy-saving algorithm for generating a linkage task for a traction electric drive of locomotives, taking into account the control of the current mode and the conditions of its operation. Based on the criterion of the stator current minimum, optimal dependencies of the flux linkage and the angle between the current and flux linkages of the stator (moment-forming vectors) on the load for asynchronous traction motors of diesel locomotives are determined.

*The work was done at Bryansk State Technical University.*

**Compiled by Natalia OLEYNIK ●**



**НОВЫЕ КНИГИ  
О ТРАНСПОРТЕ**

*New books on transport and transportation.  
English text is at p. 311*

*Издания на английском языке с. 312*

Авдеева Г. Д. Справочник по экологии железнодорожного транспорта (справочное пособие). – Курск: Учитель. – 2019. – 175 с. – ISBN 978-5-6040533-7-9.

Андреева Е. А., Бёттгер К., Белкова Е. В. и др. Управление транспортными потоками в городах: Монография / Под общ. ред. А. Н. Бурмистрова, А. И. Солодкого. – М.: Инфра-М, 2019. – 205 с. – ISBN 978-5-16-014845-8.

Анищенко А. В. Автотранспорт на предприятии: учёт и налоги. – М.: Редакция «Российской газеты», 2019. – 175 с. – ISSN1605-7449.

Балабин В. Н., Самотканов А. В. Локомотивные энергетические установки: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2019. – 135 с. – ISBN 978-5-7473-0930-2.

Горелов В. А., Комиссаров А. И., Падалкин Б. В. Программные средства автоматизированного анализа динамики наземных транспортно-технологических комплексов: Учеб. пособие. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. – 33 с. – ISBN 978-5-7038-5072-5.

Дмитриев А. Н. Ресурсо- и энергосберегающие инновационные технологии: Учеб. пособие. – М.: РЭУ им. Г. В. Плеханова, 2019. – 143 с. – ISBN 978-5-7307-1414-4.

Епихин А. И. Системы безопасности СПГ-танкеров: Монография. – М.: Моркнига, 2019. – 115 с. – ISBN 978-5-993080-40-6.

Ильин Н. Н. Теоретические основы частной теории транспортно-технических судебных экспертиз: Монография. – М.: Юрлитинформ, 2019. – 157 с. – ISBN 978-5-4396-1758-6.

Красюк А. М., Лугин И. В. Вентиляция метрополитенов. – Новосибирск: Наука, 2019. – 314 с. – ISBN 978-5-02-038761-4.

Лебедев Е. А., Миротин Л. Б., Покровский А. К. Транспортное производство: технологические особенности развития, логистика, безопасность: Монография. Гриф МО РФ. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 236 с. – ISBN 978-5-9729-0276-7, 978-5-9729-0286-6.

Леонов В. Е., Дмитриев В. И. Пути повышения эффективности морских грузоперевозок: Монография. – М.: Моркнига, 2019. – 299 с. – ISBN 978-5-902080-40-4.

Молчанов П. В. Административно-правовое обеспечение безопасности дорожного движения в Российской Федерации: Монография. – М.: Норма, 2019. – 247 с. – ISBN 978-5-91768-642-4.

Овсянников Е. М., Фомин А. П. Тяговые электрические системы автотранспортных

средств: Учебник. – М.: Форум, Инфра-М, 2019. – 301 с. – ISBN 978-5-00091-527-1.

Пеньковская К. В., Пеньковский Д. В., Меньшов В. И. Обеспечение безопасности мореплавания в условиях угрозы загрязнения морской среды нефтепродуктами: Учеб. пособие. – Мурманск: МГТУ, 2019. – 143 с. – ISBN 978-5-86185-976-9.

Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Инфра-М, 2019. – 618 с. – ISBN 978-5-16-014748-2.

Розенберг И. Н., Шабельников А. Н., Лябах Н. Н. Системы управления сортировочными процессами в рамках идеологии цифровой железной дороги: Монография. – М.: ВИНТИ РАН, 2019. – 243 с. – ISBN 978-5-902928-82-9.

Садькова О. И., Кривич О. Ю., Мироненко О. И., Смагин Б. В. Нетяговый подвижной состав: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2019. – 74 с. – ISBN 978-5-7473-0933-3.

Сафронов Э. А., Сафронов К. Э. Транспортные системы городов и регионов: Учеб. пособие. – М.: АСВ, 2019. – 408 с. – ISBN 978-5-4323-0297-7.

Сергеев К. А., Кривич О. Ю. Технологическое проектирование предприятий по ремонту и эксплуатации нетягового подвижного состава: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2019. – 94 с. – ISBN 978-5-7473-0938-8.

Сеславин А. И., Сеславина Е. А. Совершенствование системы управления ресурсами для обеспечения устойчивого экономического роста. – М.: ВИНТИ РАН, 2019. – 211 с. – ISBN 978-5-902928-81-2.

Страдымов А. В. Экономическая безопасность и система её обеспечения для предприятий транспортной отрасли: Монография. – Красноярск: Сибирский фед. ун-т, 2019. – 287 с. – ISBN 978-5-907048-68-3.

Трофименко Ю. В., Евгеньев Г. И. Экология. Транспортное сооружение и окружающая среда: Учебник / Под ред. Ю. В. Трофименко. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2019. – 398 с. – ISBN 978-5-4468-6307-5.

Шестопапов К. К. Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: Учебник. – 10-е изд., стер. – М.: Академия, 2019. – 318 с. – ISBN 978-5-4468-7476-7.

Шихин В. А., Павлюк Г. П. Системы диагностики энергетических объектов. Основные сведения об энергетических системах и устройствах как объектах диагностирования: Учеб. пособие. – М.: МЭИ, 2019. – 68 с. – ISBN 978-5-7046-2097-6.

Экономика и государство: эффективное управление и взаимодействие: сборник статей // Российский университет транспорта / Под ред. Т. М. Степанян. – М.: Макс-Пресс, 2019. – 347 с. – ISBN 978-5-317-06044-2.

**Подготовила Н. ОЛЕЙНИК ●**

## NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

*Editions originally published in Russian*

Andreeva, E. A., Böttger, K., Belkova, E. V., [et al]. Traffic management in cities: Monograph [*Upravlenie transportnimi potokami v gorodakh: Monografiya*]. Ed. by A. N. Burmistrov, A. I. Solodkiy. Moscow, Infra-M publ., 2019, 205 p. ISBN 978-5-16-014845-8.

Anishchenko, A. V. Motor transport at the enterprise: accounting and taxes [*Avtotransport na predpriyatii: uchët i nalogi*]. Moscow, The editors office of Rossiyskaya Gazeta, 2019, 175 p. ISSN 1605-7449.

Avdeeva, G. D. Reference book on the ecology of railway transport: (reference book) [*Spravochnik po ekologii zhelezнодорожного транспорта: (spravochnoe posobie)*]. Kursk, Uchitel publ., 2019, 175 p. ISBN 978-5-6040533-7-9.

Balabin, V.N., Samotkanov, A. V. Locomotive power plants: Study guide [*Lokomotivnye energeticheskie ustanovki: Ucheb. posobie*]. Moscow, MIIT publ., 2019, 135 p. ISBN 978-5-7473-0930-2.

Dmitriev, A. N. Resource and energy saving innovative technologies: Study guide [*Resursy i energosberegayushchie innovatsionnye tekhnologii: Ucheb. posobie*]. Moscow, Plekhanov REU, 2019, 143 p. ISBN 978-5-7307-1414-4.

Economy and transport: effective management and interaction: a collection of articles [*Ekonomika i transport: effektivnoe upravlenie i vzaimodeistvie: sbornik statei*]. Russian University of Transport, Russian Open Academy of Transport; ed. by T. M. Stepanyan. Moscow, Max-Press publ., 2019, 347 p. ISBN 978-5-317-06044-2.

Epikhin, A. I. Security systems for LNG tankers: Monograph [*Sistemy bezopasnosti dlya SPG-tankerov: Monografiya*]. Moscow, Morkniga publ., 2019, 115 p. ISBN 978-5-993080-40-6.

Gorelov, V.A., Komissarov, A. I., Padalkin, B. V. Software tools for automated analysis of the dynamics of land transport-technological complexes: Study guide [*Programmnie sredstva avtomatizirovanogo analiza dinamiki nazemnykh transportno-tekhnologicheskikh kompleksov: Ucheb. posobie*]. Moscow, Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2019, 33 p. ISBN 978-5-7038-5072-5.

Ilyin, N. N. Theoretical foundations of the private theory of transport and technical forensic examinations: Monograph [*Teoreticheskie osnovy chastnoi teorii transportno-tekhnicheskikh sudebnykh ekspertiz: Monografiya*]. Moscow, Yurlitinform publ., 2019, 157 p. ISBN 978-5-4396-1758-6.

Krasyuk, A.M., Lugin, I. V. Ventilation of undergrounds [*Ventilyatsiya metropolitenov*]. Novosibirsk, Nauka publ., 2019, 314 p. ISBN 978-5-02-038761-4.

Lebedev, E. A., Mirotin, L. B., Pokrovsky, A. K. Transport production: technological features of development, logistics, security: Monograph [*Transportnoe proizvodstvo: tekhnologicheskoe osobennosti razvitiya, logistika, bezopasnost: Monografiya*]. Moscow, Infra-Inzheneriya publ., 2019, 236 p. ISBN 978-5-9729v0276-7, 978-5-9729-0286-6.

Leonov, V. E., Dmitriev, V. I. Ways to improve the efficiency of sea cargo transportation: Monograph [*Puti povysheniya effektivnosti morskikh gruzoperevozok: Monografiya*]. Moscow, Morkniga publ., 2019, 299 p. ISBN 978-5-902080-40-4.

Molchanov, P. V. Administrative and legal support of road safety in the Russian Federation: Monograph [*Administrativno-pravovoe obespechenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v Rossiiskoi Federatsii: Monografiya*]. Moscow, Norma publ., 2019, 247 p. ISBN 978-5-91768-642-4.

Ovsyannikov, E. M., Fomin, A. P. Traction electrical systems of motor vehicles: Textbook [*Tyagovie elektricheskie sistemy avtotransportnykh sredstv: Uchebnik*]. Moscow, Forum, Infra-M publ., 2019, 301 p. ISBN 978-5-00091-527-1.

Penkovskaya, K. V., Penkovsky, D. V., Menshov, V. I. Ensuring navigation safety in the face of the threat of pollution of the marine environment with oil products: Study guide [*Obespechenie bezopasnosti moreplavaniya v usloviyakh ugrozy zagryazneniya morskoi sredy nefteproduktami: Ucheb. posobie*]. Murmansk, MGTU publishing house, 2019, 143 p. ISBN 978-5-86185-976-9.

Rosenberg, I. N., Shabelnikov, A. N., Lyabakh, N. N. Systems for managing marshalling processes in the framework of the ideology of a digital railway: Monograph [*Sistemy upravleniya sortirovochnimi protsessami v ramkakh ideologii tsifrovoi zheleznoi dorogi: Monografiya*]. Moscow, VINITI RAS publ., 2019, 243 p. ISBN 978-5-902928-82-9.



Rules of technical operation of railways of the Russian Federation [*Pravila tekhnicheskoi ekpluatatsii zheleznykh dorog Rossiiskoi Federatsii*]. 2<sup>nd</sup> ed., rev. and enl. Moscow, Infra-M publ., 2019, 618 p. ISBN 978-5-16-014748-2.

Sadykova, O. I., Krivich, O. Yu., Mironenko, O. I., Smagin, B. V. Non-traction rolling stock: Study guide [*Netyagoviy podvizhnoi sostav: Ucheb. posobie*]. Moscow, MIIT publ., 2019, 74 p. ISBN 978-5-7473-0933-3.

Safronov, E. A., Safronov, K. E. Transport systems of cities and regions: Study guide [*Transportnie sistemy gorodov i regionov: Ucheb. posobie*]. Moscow, ASV publ., 2019, 408 p. ISBN 978-5-4323-0297-7.

Sergeev, K. A., Krivich, O. Yu. Technological design of enterprises for repair and maintenance of non-rolling rolling stock: Study guide [*Tekhnologicheskoe proektirovanie predpriyatii po remontu i ekspluatatsii netyagovogo podvizhnogo sostava: Ucheb. posobie*]. Moscow, MIIT publ., 2019, 94 p. ISBN 978-5-7473-0938-8.

Seslavin, A. I., Seslavina, E. A. Improving the resource management system to ensure sustainable economic growth [*Sovershenstvovanie sistemy upravleniya resursami dlya obespecheniya ustoychivogo ekonomicheskogo rosta*]. Moscow, VINITI RAS publ., 2019, 211 p. ISBN 978-5-902928-81-2.

Shestopalov, K. K. Hoisting-and-transport, building and road machines and equipment: Textbook [*Pod'emno-transportnie, storitelnie i dorozhnie mashiny i oborudovanie: Uchebnik*]. 10<sup>th</sup> ed., ster. Moscow, Academia publ., 2019, 318 p. ISBN 978-5-4468-7476-7.

Shikhin, V. A., Pavlyuk, G. P. Diagnostics systems of power objects. Basic information about energy systems and devices as objects of diagnosis: Study guide [*Sistemy diagnostiki energeticheskikh ob'ektov. Osnovnie svedeniya ob energeticheskikh sistemakh i ustroystvakh kak ob'ektakh diagnostirovaniya: Ucheb. posobie*]. Moscow, Publishing house of MEI, 2019, 68 p. ISBN 978-5-7046-2097-6.

Stradymov, A. V. Economic security and the system for ensuring it for enterprises of the transport industry: Monograph [*Ekonomicheskaya bezopasnost i sistema ee obespecheniya dlya predpriyatii transportnoi otrasli: Monografiya*]. Krasnoyarsk, Siberian Federal University, 2019, 287 p. ISBN 978-5-907048-68-3.

Trofimenko, Yu. V., Evgeniev, G. I. Ecology. Transport construction and environment: Textbook [*Ekologiya. Transportnoe sooruzhenie i okruzhayushchaya sreda: Uchebnik*]. Ed. by Yu. V. Trofimenko. 3<sup>rd</sup> ed., rev. and enl. Moscow, Academia publ., 2019, 398 p. ISBN 978-5-4468-6307-5.

Compiled by N. OLEYNIK ●

*Editions originally published in English*

Bergqvist, R., Monios, J. Green Ports: Inland and Seaside Sustainable Transportation Strategies. Elsevier, 2018, 310 p. eBook ISBN 9780128140550; paperback ISBN 9780128140543.

Bowen, J. Low-Cost Carriers in Emerging Countries. Elsevier, 2019, 279 p. eBook ISBN 9780128113943; paperback ISBN 9780128113936.

City Logistics 1: New Opportunities and Challenges. Edited by Taniguchi, E., Thompson, R. G. ISTE Ltd., 2018, 432 p. Print ISBN 9781786302052; Online ISBN 9781119425519; DOI: 10.1002/9781119425519.

Coxon, S., Napper, R., Richardson, M. Urban Mobility Design. Elsevier, 2018, 230 p. eBook ISBN 9780128150399; paperback ISBN 9780128150382.

Data-Driven Solutions to Transportation Problems. Edited by Yin Hai Wang, Ziqiang Zeng. Elsevier, 2018, 299 p. eBook ISBN 9780128170274; paperback ISBN 9780128170267.

Guzhva, V., Raghavan, S., D'Agostino, D. Aircraft Leasing and Financing. Tools for Success in International Aircraft Acquisition and Management. Elsevier, 2018, 526 p. eBook ISBN 9780128152867; paperback ISBN 9780128152850.

Homayouni, S. M., Fontes, D. B. M. M. Metaheuristics for Maritime Operations, Volume 1. ISTE Ltd., 2018, 228 p. Print ISBN 9781786302809; online ISBN 9781119483151.

Mouftah, H. T., Erol-Kantarci, M., Husain-Rehmani, M. Transportation and Power Grid in Smart Cities: Communication Networks and Services. John Wiley & Sons Ltd, 2018, 688 p. Online ISBN 9781119360124.

Sustainable Transportation and Smart Logistics: Decision-Making Models and Solutions. Edited by Faulin, J., Grasman, S., Juan, A., Hirsch, P. Elsevier, 2018, 534 p. eBook ISBN 9780128142431; paperback ISBN 9780128142424.

Sustainable Urban Mobility Pathways: Policies, Institutions, and Coalitions for Low Carbon Transportation in Emerging Countries. Ed. by Lah, O. Elsevier, 2018, 308 p. eBook ISBN 9780128148983; paperback ISBN 9780128148976. ●

## АНЕКДОТ

## НА ОБОЧИНЕ

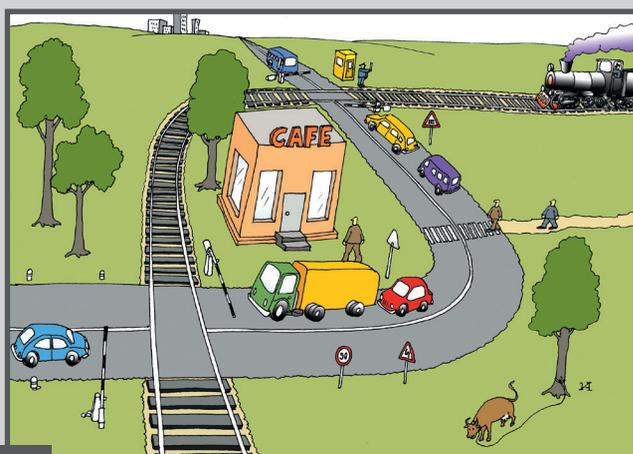


Рис. Ивана Анчукова

- – Причёску новую к 8 марта сделала, так он не заметил. А стоило бампер на машине поцарапать – так сразу встречать меня выбежал!

- Жена ластится к мужу:

– Дорогой, завтра праздник, не хотела тебя огорчать, но у меня в карбюратор вода попала. Боюсь, теперь на твоей машине ездить придётся.

– А ты знаешь вообще-то, что такое карбюратор? Ладно, где машина?

– В пруду, это почти у дома, рядом...

- Довольная мама, обращаясь к дочери:

– Леночка, какой ты мне подарок делаешь! Представь же, наконец, своего избранника!?

– Это Алекс, модный столичный шиномонтажье.

**Из цикла «Блондинка за углом»**

- Когда она за рулём и в очередной раз сворачивает не туда, совсем обессилевший навигатор с безнадёгой в радиоголосе заявляет:

– Ну, можно в конце концов и так... ●

## Смех сквозь мысли

- Лежачих полицейских карьерный рост превращает в слагбаумы.
- Сжечь мосты – удел отступающих, навести мосты – созидателей.
- В родной гавани якорь всегда держит крепче.





**World of Transport and  
Transportation**

Vol. 17, Issue 2, 2019

*Editor-in-Chief* **Boris Lyovin**

For your letters:

Mir Transporta,  
9, str. 9, Obraztsova ul.,  
Moscow, 127994, Russia.  
Tel/fax +7(495)684 2877  
e-mail: mirtr@mail.ru  
wtjournal@gmail.com

Почтовый адрес редакции:

127994, Москва,  
ул. Образцова, д. 9, стр. 9.  
Тел/факс (495)684 2877  
e-mail: mirtr@mail.ru  
wtjournal@gmail.com



ISSN 1992-3252



9 771992 325778 >