

Т

ISSN 1992-3252

ТРАНСПОРТА

**WORLD OF TRANSPORT
AND TRANSPORTATION**

1 2019
Том / Vol. 17



**ЭЛЕКТРОПОЕЗД НОВОГО
ПОКОЛЕНИЯ ИЗ ТВЕРИ**

**NEW GENERATION OF COMMUTER
ELECTRIC TRAINS FROM TVER**



Стр./P. 70



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

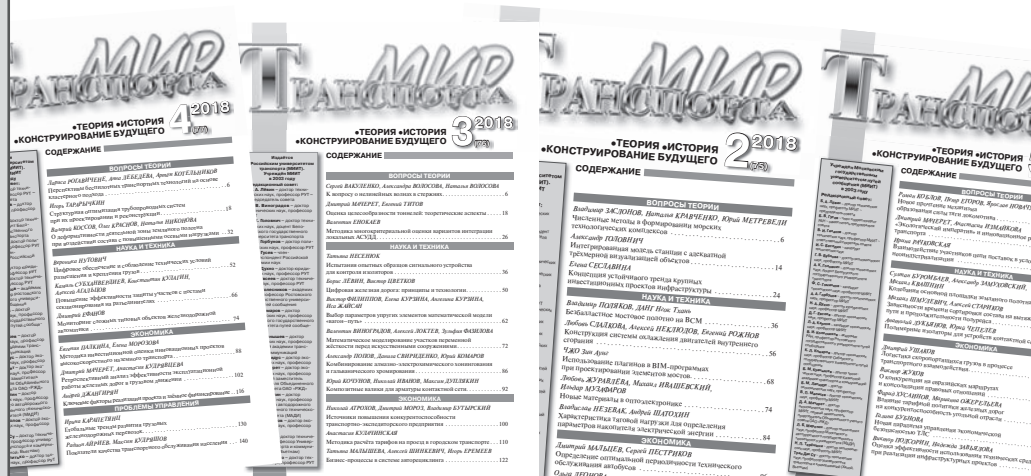
Dear Readers,

In Russia and CIS countries you can subscribe to the journal Mir Transporta (World of Transport and Transportation) at any post office using Rospechat JSC catalogues:

- «Newspapers. Journals» with subscription index 80812.

If you want to receive our journal in other countries please send a letter to the editorial board 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.

ТРАНСПОРТ МИР

• ТЕОРИЯ • ИСТОРИЯ
• КОНСТРУИРОВАНИЕ БУДУЩЕГО

1 2019
(80)

Издаётся
Российским университетом
транспорта (МИИТ).
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 автомобильного государственного технического университета (МАДИ)

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

- Анатолий ТАРМАЕВ, Виктор ФИЛИППОВ, Геннадий ПЕТРОВ*
К вопросу о моделировании движения колёсной пары вагона 6
- Иосиф СПИРИН, Владимир БЕЛЯЕВ, Валерия АНТОНОВА*
Методология планирования автомобильных пассажирских перевозок 20
- Александр ПОПОВ, Татьяна ПОПОВА*
Семантическое сетевое моделирование. 38

НАУКА И ТЕХНИКА

- Николай ОСТРОУХОВ, Екатерина ЧУМАКОВА*
Аппараты вертикального взлёта с реактивно-вихревыми генераторами подъёмной силы 46
- Иван БОНДАРЬ, Султан БУРОМБАЕВ, Динара АЛДЕКЕЕВА*
Расчёт напряжённо-деформированного состояния путепроводов. 58
- Александр СКАЧКОВ, Сергей САМОШКИН, Сергей КОРШУНОВ*
Исследование прочности кузовов вагонов электропоезда нового поколения 70
- Анатолий ВОЛКОВ, Максим МОРОЗОВ*
Повышение помехоустойчивости цифровых систем радиосвязи с угловой модуляцией 90

ЭКОНОМИКА

- Дмитрий ЛЕВИН, Зинаида ШУЛЬЖЕНКО*
Взаимодействие бюджета производства и технического нормирования 100
- Людмила КОЧНЕВА, Марина ЯКОВЛЕВА*
Анализ финансовых показателей облигационных выпусков холдинга. 116
- Ольга МАТАНЦЕВА, Иосиф СПИРИН, Владимир БЕЛЯЕВ*
Реновация подвижного состава: муниципальный лизинг и финансирование обновления. 128

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

- Анатолий КИСЕЛЕНКО, Пётр МАЛАЩУК*
Воркутинский транспортный узел: роль в освоении Арктики. . . 142

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

Дмитрий ЕФАНОВ

Будущее радиоуправляемых стрелок с автономным питанием . . . 154

Сергей ВАКУЛЕНКО, Надежда ЕВРЕЕНОВА

О правовых основах эксплуатации малоинтенсивных линий . . . 164

Владимир ФРИДКИН, Юлия ХАРЛАМОВА, Сергей ШУМСКИЙ

Перспективы городского надземного метрополитена . . . 174

БЕЗОПАСНОСТЬ

Любовь СЛАДКОВА, Алексей НЕКЛЮДОВ, Андрей КУЗНЕЦОВ

Анализ способов борьбы с льдообразованием . . . 180

Эдуард ЦХОВРЕБОВ, Урал НИЯЗГУЛОВ

Регулирование деятельности по обращению с отходами и вторичными ресурсами . . . 192

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

Алексей МАЛИШЕВСКИЙ, Ольга АРИНИЧЕВА

Прогностический критерий эффективности взаимодействия в экипаже . . . 204

Валерий МАСЛОВ, Игорь ЩЕРБАКОВ

Оценка идентичности работников железнодорожных предприятий . . . 216

Валентин КИСЕЛЁВ, Александра СЛОИД

Подготовка специалистов рельсовых дорог Вьетнама . . . 224

КОЛЕСО ИСТОРИИ

Николай ГРИГОРЬЕВ

Наделяющий электросилой . . . 232

Пресс-архив. Газетные сообщения . . . 238

Алла ШЕЛИХОВА

Шаропоезд Ярмольчука . . . 242

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ

Юрий ВЛАДИМИРОВ

Хроника генерала Бетанкура . . . 256

Авторефераты диссертаций . . . 263

Новые книги о транспорте . . . 267

Экспресс-информация . . . 86, 88, 172, 173, 202, 215

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 1000 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

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

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования.

World of Transport and Transportation

•THEORY
•HISTORY
•ENGINEERING
OF THE FUTURE

Vol. 17²⁰¹⁹
Iss. 1

The journal is published
by Russian University
of transport.

Founded in 2003 by MIIT

Editorial council:

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

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

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

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

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

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

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

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

Bakytzhan M. Kuanyshev,
D.Sc. (Eng), professor of Kazakh
Academy of Transport and
Communications

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

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

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

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

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

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

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

CONTENTS

THEORY

- Anatoliy A. TARMAEV, Victor N. FILIPPOV,
Gennady I. PETROV*
On Modeling of Car's Wheel Set Movement 6
- Iosif V. SPIRIN, Vladimir M. BELYAEV,
Valeria V. ANTONOVA*
Planning Methodology for Road Passenger Transportation. 20
- Alexander P. POPOV, Tatiana A. POPOVA*
Semantic Network Modeling. 38

SCIENCE AND ENGINEERING

- Nikolai N. OSTROUKHOV, Ekaterina V. CHUMAKOVA*
Vertical Take-off Devices with Jet-Vortex Lift Generators. 46
- Ivan S. BONDAR, Sultan A. BUROMBAEV,
Dinara T. ALDEKEEVA*
Calculation of Stress-Strain State of Overpasses 58
- Alexander N. SKACHKOV, Sergey L. SAMOSHKIN,
Sergey D. KORSHUNOV*
Study of Body Strength of New Generation Electric Train Cars 70
- Anatoly A. VOLKOV, Maxim S. MOROZOV*
Improving Noise Immunity of Digital Radio Systems with Angular
Modulation. 90

ECONOMICS

- Dmitry Yu. LEVIN, Zinaida S. SHULGENKO*
Relationship between Business Budgeting and Technical Regulations . . . 100
- Lyudmila F. KOCHNEVA, Marina A. YAKOVLEVA*
Analysis of Financial Indicators of Bond Issues of a Holding Company. . . 116
- Olga Yu. MATANTSEVA, Iosif V. SPIRIN,
Veniamin N. BOGUMIL*
Urban Vehicle Fleet Renewal:
Municipal Leasing and Financing of Replacement 128

ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

- Anatoly N. KISELENKO, Petr A. MALASHCHUK*
Vorkuta Transport Hub and its Role in Development of the Arctic Area. . . 142

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. (Physical-Mathematical),
professor of Russian University of
Transport
Svyatoslav Y. LUTSKIY,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Oleg E. PUDOVIKOV,
D.Sc. (Eng), associate professor of
Russian University of Transport
Victor A. SHAROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Alla K. SHELIKHOVA,
head of editorial office
Vladimir N. SIDOROV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport
Natalia P. TERYOSHINA,
D.Sc. (Econ), professor of Russian
University of Transport
Vladimir B. ZVLYOV,
D.Sc. (Eng), professor of Russian
University of Transport

EDITORIAL STAFF

Ivan A. GLAZOV,
editor
Natalia C. OLEJNIK,
editorial secretary
Maria V. MASLOVA,
translator

© Mir Transporta
© World of Transport
and Transportation
© English translation
© 2019. All rights reserved.

Dmitry V. EFANOV

The Future of Radio Controlled Switches with Autonomous
Power Supply 154

Sergey P. VAKULENKO, Nadezhda Yu. EVREENOVA

Legal Framework for Low-Density Traffic Railways Operation 164

Vladimir M. FRIDKIN, Yulia A. KHARLAMOVA, Sergey P. SHUMSKY

Perspectives of Urban Elevated Metro 174

SAFETY AND SECURITY

Lubov A. SLADKOVA, Alexey N. NEKLUDOV, Andrey N. KUZNETSOV

Analysis Methods to De-Ice Roads 180

Eduard S. TSKHOVREBOV, Ural D. NIYAZGULOV

Regulation of Waste and Secondary Resources Management 192

HRM, EDUCATION & TRAINING

Alexey V. MALISHEVSKY, Olga V. ARINICHEVA

Prognostic Criterion of Effectiveness of Crewmember Interaction 204

Valery P. MASLOV, Igor V. SHCHERBAKOV

Evaluation of Identity of Employees of Railway Enterprises 216

Valentin I. KISELYOV, Alexandra E. SALOID

Training of Specialists of Vietnam Railways 224

HISTORY WHEEL

Nikolai D. GRIGORIEV

Giving Electric Power 232

Press Archives. Newspaper reports 238

Alla K. SHELIKHOVA

Ball Train of Yarmolchuk 242

BIBLIO-DIRECTIONS

Yuri V. VLADIMIROV

Chronicle of General Betancourt 256

Abstracts of Ph.D. theses 263

New Books on Transport and Transportation 267

Express Information 86, 88, 172, 173, 202, 215

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

Circulation of the current issue is 1000 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.

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).

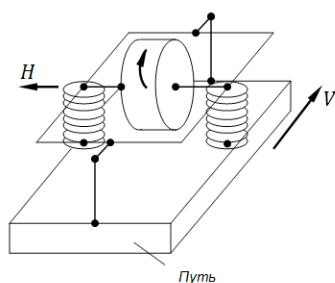
The journal is part of Russian scientific citation index system.

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.



КОЛЕСО-РЕЛЬС 6

На винклеровском основании
при высоких скоростях.



МЕТОДОЛОГИЯ ПЕРЕВОЗОК 20

Обеспечить доступность
и учесть возможности «умных
городов».

СЕТЕВАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ 38

Технологические смыслы
в семантической модели.

WHEEL-RAIL 6

High speed on Winckler's base.

METHODOLOGY OF TRANSIT 20

To ensure accessibility and
mobility with account for
capacity of smart cities.

NETWORK LOCALISATION 38

Engineering sense of semantic
model.



ВОПРОСЫ ТЕОРИИ • THEORY





К вопросу о моделировании движения колёсной пары вагона



Анатолий ТАРМАЕВ
Anatoliy A. TARMAEV

Виктор ФИЛИППОВ
Victor N. FILIPPOV



Геннадий ПЕТРОВ
Gennady I. PETROV

Тармаев Анатолий Анатольевич — кандидат технических наук, доцент Иркутского государственного университета путей сообщения, Иркутск, Россия.

Филиппов Виктор Николаевич — доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Петров Геннадий Иванович — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой вагонов и вагонного хозяйства РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

On Modeling of Car's Wheel Set Movement

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 14)

В статье рассматриваются уточнённая математическая модель движения колёсной пары с переменной структурой системы нелинейных дифференциальных уравнений, а также расчётные схемы, описывающие взаимодействие элементов железнодорожного экипажа и пути. В модели учтены такие актуальные для скоростного движения факторы, как гироскопический момент и дисбаланс колёсной пары. Система «экипаж—путь», в представлении авторов, сложная и многомассовая, с различной структурой взаимосвязей. Путь фигурирует в виде свободной криволинейной поверхности на винклеровском основании, совокупности отдельных инерционных упругих опор с демпферами сухого трения. Модель позволит получать корректные количественные результаты, оценивать динамические свойства подвижного состава.

Ключевые слова: железная дорога, высокоскоростное движение, железнодорожный путь, математическая модель, динамические свойства вагона, колёсная пара.

Современный железнодорожный путь характеризуется применением рельсов тяжёлого типа, железобетонных шпал, изменением нормативов устройства пути, несущей способности земляного полотна, увеличением допусков на содержание рельсовой колеи, отступлений в плане и профиле [1, с. 29; 2, с. 27–30]. В результате выросли приведённая масса пути, динамические нагрузки, что сказывается на условиях эксплуатации подвижного состава, прежде всего его ходовых частей [3, с. 1584], и привело к фактическому снижению конструкционной скорости.

Эти факторы требуют учёта при создании инновационного подвижного состава (ПС) и прогнозировании ожидаемых динамических показателей.

Необходимо иметь достоверную методику и математическую модель движения вагона, адекватно описывающую процессы в сложной динамической системе «экипаж—путь».

Для моделирования динамики ПС используются специализированные про-

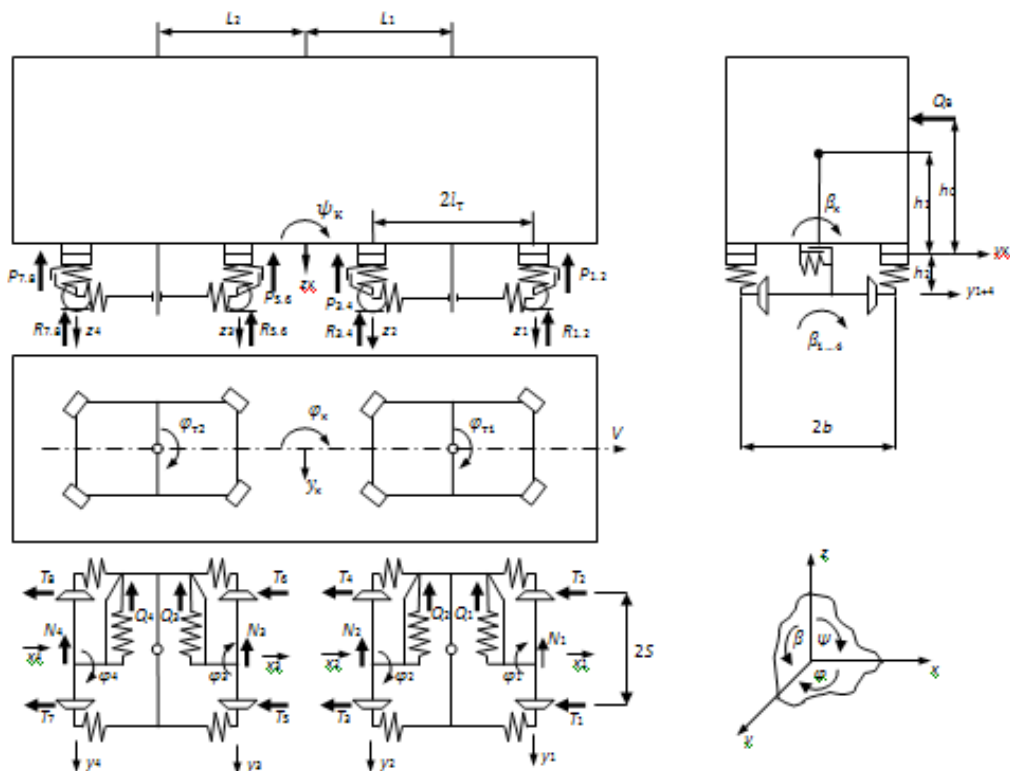


Рис. 1. Расчётная модель четырёхосного вагона (пример с опиранием кузова на буксы).

граммные комплексы, среди которых можно выделить как зарубежные программы CONTACT, FASTSIM и комплексы MEDYNA, VAMPIRE, NUCARS, GENSY, SIMPACK, ADAMS/Rail, так и отечественные — «Вагон» (Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта), «ДиОНИС» («Динамика, оптимизация, нагруженность и статика», Российский университет транспорта), «УМ» («Универсальный механизм», Брянский государственный технический университет).

В ряде случаев, оговорим сразу, применяют линейризованные модели, которые не учитывают важные аспекты динамической нагруженности элементов вагонов при характерных режимах эксплуатационных нагрузок. Известно, в частности, что результаты, полученные на линейризованных моделях, распространяются только на колебания с малыми амплитудами и дают качественную, а не количественную картину явлений извилистого движения и вынужденных колебаний [4, с. 38]. То есть при формировании адекватной расчётной модели следует иметь в виду имеющиеся не-

линейности в дифференциальных уравнениях и связях.

Ключевым элементом, определяющим достоверность получаемых при моделировании движения железнодорожного экипажа результатов, является корректность описания динамики колёсных пар. Поэтому рассмотрим реализацию модели на примере нелинейной модели движения колёсной пары (КП) по рельсам и её взаимодействия с путём.

1.

Тенденция увеличения скорости движения ПС требует при моделировании движения КП особо учитывать гироскопический момент и биение колёс вследствие дисбаланса колёсной пары.

При разработке расчётной модели как составной части модели вагона (на рис. 1 представлен вариант вагона, имеющего тележки с непосредственным опиранием кузова на буксы колёсных пар) и связанной с этим системы дифференциальных уравнений установлены два условия:

- КП принимаются абсолютно жёсткими;



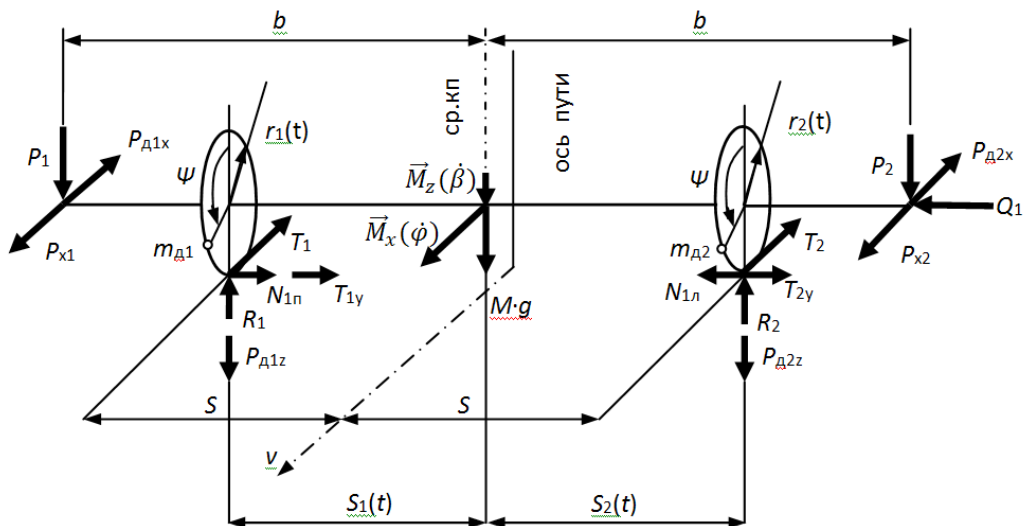


Рис. 2. Схема сил, приложенных к колёсной паре.

• предполагается, что на каждую КП действуют силы, показанные на рис. 2.

Пространственные колебания КП (необрессоренных масс тележки, приходящихся на колёсную пару) могут быть описаны системой нелинейных дифференциальных уравнений (на примере первой КП):

$$(M + M_n) \ddot{z}_1 + R_1 + R_2 + P_{д1z} +$$

$$+ P_{д2z} - P_1 - P_2 - Mg = 0; \quad (1)$$

$$M \ddot{y}_1 + N_1 - Q_1 = 0; \quad (2)$$

$$M \ddot{x}_1 + T_1 + T_2 - P_{x1} -$$

$$- P_{x2} + P_{д1x} + P_{д2x} = 0; \quad (3)$$

$$J_z \ddot{\phi}_1 - T_1 \cdot s_1(t) + T_2 \cdot s_2(t) +$$

$$+ (P_{x1} - P_{x2}) \cdot b + M_{z1}^{sup} = 0; \quad (4)$$

$$(J_x + J_{nx}) \ddot{\beta}_1 + R_1 \cdot s_1(t) - R_2 \cdot s_2(t) +$$

$$+ (P_2 - P_1) \cdot b - (N_{1n} + T_{1y}) \cdot r_1(t) +$$

$$+ (N_{1n} - T_{2y}) \cdot r_2(t) + M_{x1}^{sup} \cdot \text{sign}(\dot{\beta}_1) = 0; \quad (5)$$

$$\dot{\psi}_1 = \frac{2 \dot{x}_{u1}}{r_1(t) + r_2(t)}; \quad \psi_{1(i+1)} = \psi_{1i} + \dot{\psi}_{1(i+1)} \cdot h;$$

$$\dot{x}_{u1} = V - \dot{x}_1, \quad (6)$$

где M – масса колёсной пары;

g – ускорение свободного падения;

M_n – приведённая масса пути;

$x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$ – координаты по-

ложения центров масс колёсных пар и их производные по времени;

$R_1, \dots, R_8$ – вертикальные реакции рельсов под колёсами;

$P_{д1z}, \dots, P_{д8z}$ – вертикальные составляющие сил, обусловленные дисбалансом колёсных пар;

$P_1, \dots, P_8$ – вертикальные реакции рессорных комплектов;

$N_1, \dots, N_4$ – горизонтальные реакции, действующие на колёсные пары;

$Q_1, \dots, Q_4$ – горизонтальные поперечные реакции рессорных комплектов;

$T_1, \dots, T_8$ – продольные составляющие сил трения, возникающие при проскальзывании колёс по рельсам;

$P_{x1}, \dots, P_{x8}$ – горизонтальные продольные реакции связей бус с рамой тележки (определяются с учётом сил сухого трения, возникающих между рамой тележки и корпусом бусы и зазоров в направляющих);

$P_{д1x}, \dots, P_{д8x}$ – горизонтальные продольные составляющие сил, обусловленные дисбалансом колёсных пар;

J_x, J_y, J_z – моменты инерции колёсной пары относительно соответствующих осей координат;

$s_1(t), \dots, s_8(t)$ – расстояния от середины колёсных пар до точек контакта колеса с рельсом;

b – расстояние от продольной оси симметрии вагона до точек опоры кузова на бусу;

$M_{x1}^{sup}, \dots, M_{x4}^{sup}, M_{z1}^{sup}, \dots, M_{z4}^{sup}$ – гироскопические моменты вращающихся колёсных пар относительно соответствующих осей;

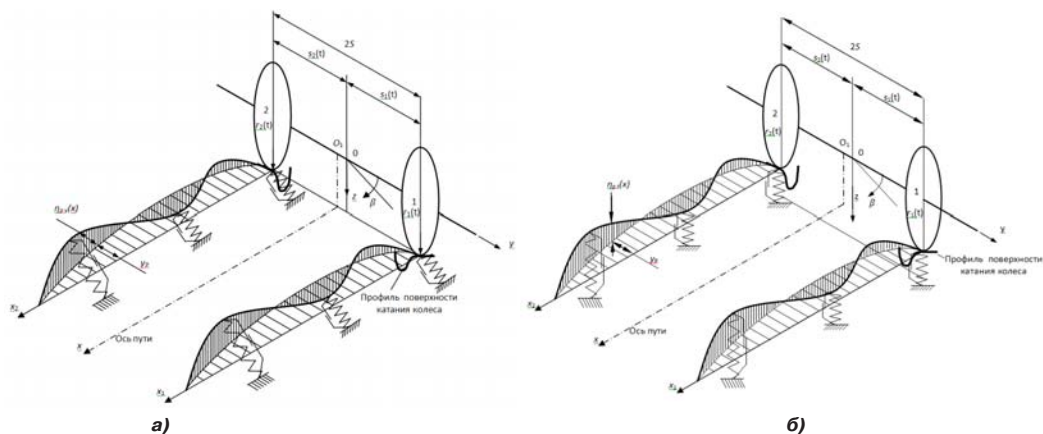


Рис. 3. Упрощённая расчётная схема системы экипаж–путь:
а) вертикальные неровности пути; б) горизонтальные неровности пути.

$J_{пх}$ — приведённый момент инерции пути;

$N_{1л}, \dots, N_{4л}, N_{1п}, \dots, N_{4п}$ — горизонтальные составляющие реакции, действующие на колёсные пары; реакция обусловлена коничностью профиля катания левого и правого колёс;

$T_{1y}, \dots, T_{8y}$ — поперечные составляющие сил трения, возникающих при проскальзывании колёс по рельсам;

$\psi_1, \dots, \psi_4; \dot{\beta}_1, \dots, \dot{\beta}_4;$

$\dot{\psi}_1, \dots, \dot{\psi}_4; \ddot{\beta}_1, \dots, \ddot{\beta}_4$ —

углы поворота колёсных пар и их производные по времени;

$r_1(t), \dots, r_8(t)$ — радиусы кругов катания колёс;

$\dot{x}_{q1}, \dots, \dot{x}_{q4}$ — скорости движения центра

масс колёсной пары;

V — скорость движения вагона вдоль пути;

h — геометрический размер;

$i, i+1$ — индекс, обозначающий порядковый номер итерации.

При определении вертикальных реакций рессорных комплектов и вертикальных реакций со стороны пути учитывается односторонняя связь введением условий обезгрузки, если сумма статического прогиба и динамической деформации будет равна или меньше нуля.

Горизонтальные реакции $N_1, \dots, N_4$, действующие на колёсные пары, определяются из выражения (7) с учётом горизонтальной составляющей, обусловленной коничностью профиля катания $N_{1л}, \dots, N_{4л}$ правого и $N_{1п}, \dots, N_{4п}$ левого колёс, и поперечной составляющей сил трения $T_{1y}, \dots,$

T_{8y} , возникающих при проскальзывании колёс по рельсам.

Вертикальные динамические деформации $\Delta_{p1}, \dots, \Delta_{p8}$, горизонтальные поперечные динамические деформации $\Delta_1, \dots, \Delta_8$, $\Delta_{x1}, \dots, \Delta_{x8}$ и горизонтальные продольные динамические деформации определяются зависимостями (8), (9), (10). По ним же фиксируются скорости динамических деформаций, но значения координат в этом случае заменяются значениями их первых производных по времени. Вертикальные динамические реакции пути под колёсами следуют из (11).

$$N_1 = N_{1п} - N_{1л} + T_{1y} + T_{2y}; \quad (7)$$

$$\Delta_{p1} = z_k + \psi_k \cdot (L_1 + L_T) + \beta_k \cdot b_1(t) - z_1 - \beta_1 \cdot b; \quad (8)$$

$$\Delta_{p2} = z_k + \psi_k \cdot (L_1 + L_T) + \beta_k \cdot b_2(t) - z_1 - \beta_1 \cdot b; \quad (9)$$

$$\Delta_1 = y_k + \phi_k \cdot (L_1 + L_T) + \phi_{T1} \cdot L_T - y_1; \quad (10)$$

$$\Delta_{x1} = (\phi_1 - \phi_{T1}) \cdot b + x_1; \quad (11)$$

$$\Delta_{x2} = (\phi_{T1} - \phi_1) \cdot b + x_1; \quad (12)$$

$$\Delta_{R1} = z_1 + \beta_1 \cdot s_1(t) - z_{np1z}(x) + \eta_{p1z}(x) + r_1(t); \quad (13)$$

$$\Delta_{R2} = z_1 + \beta_1 \cdot s_2(t) - z_{np2z}(x) + \eta_{p2z}(x) + r_2(t); \quad (14)$$

$$\Delta_{S1} = y_1 + \phi_1 \cdot s_1(t) - z_{np1y}(x) + \eta_{p1y}(x) + s_1(t); \quad (15)$$

$$\Delta_{S2} = y_1 + \phi_1 \cdot s_2(t) - z_{np2y}(x) + \eta_{p2y}(x) + s_2(t); \quad (16)$$

где $z_{npz}, z_{pz}, z_{npy}, z_{py}$ — параметры пути в вертикальном и поперечном направлениях.

Вертикальные реакции пути по колёсным парам зависят от параметров пути и координат, определяющих положение необрессоренных частей тележек. Эта связь осуществляется через величины динамических деформаций.

Для нахождения траектории колёсной пары следует искать решения системы из шести дифференциальных уравнений. Однако с целью точного определения сил сопротивления перекачиванию колёсной пары по упругодеформированному рельсу



Значения вертикальных прогибов рельса $Z_n(x)$ и жёсткости $C(x)$
в различных сечениях звена

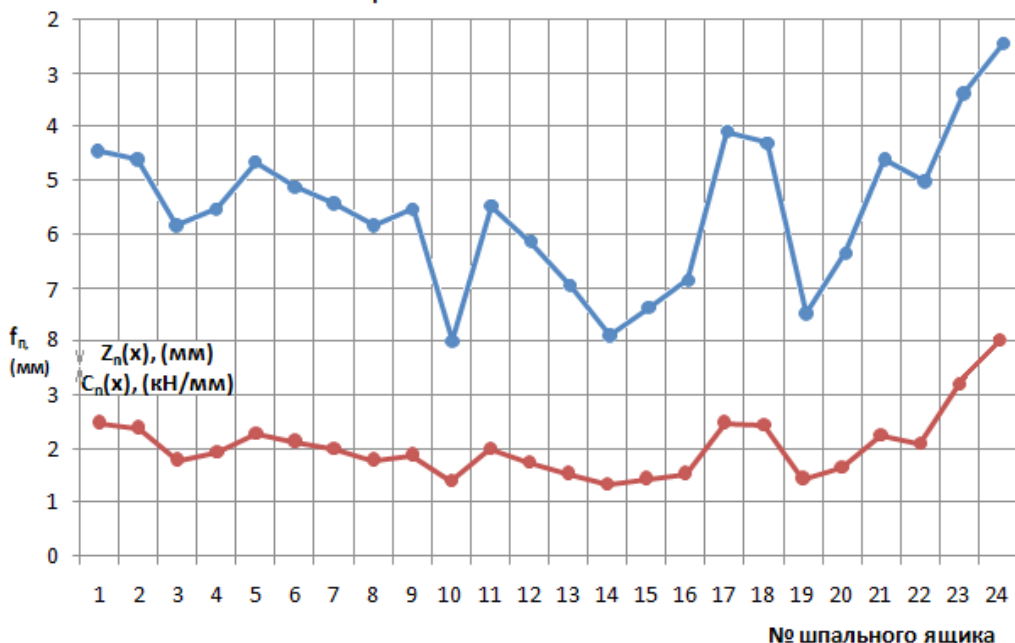


Рис. 4. Характеристики пути, полученные при натурном эксперименте.

приходится существенно усложнять расчётные модели пути, представляя их как сложные многомассовые системы с различной структурой взаимосвязей. Это усложнение позволяет более полно отражать физическую сторону задачи, состояние реального пути, получать корректные количественные результаты.

Для учёта упругих и инерционных свойств пути между колесом и основанием железнодорожного полотна введена дополнительная подрессоренная масса верхнего строения пути, приведённая к колесу. Рельс рассматривается как свободная криволинейная поверхность на винклеровском основании.

В расчётной модели пути (рис. 3) рельс имеет геометрические неровности, учитывается переменная по длине жёсткость основания (рис. 4), что позволяет при наличии необходимых данных моделировать реальный путь [5, с. 21]. Величина приведённой массы пути M_n , участвующей в силовом взаимодействии с колесом, принимается зависимой от прогиба рельса, эта масса при движении вагона может изменяться. Вертикальные и горизонтальные неровности задаются по отдельности на правом и левом рельсах.

2.

При решении многих задач, связанных с оценкой динамических качеств и определением максимальных величин коэффициентов вертикальной динамики, горизонтальных рамных сил, запасов устойчивости от схода с рельсов, целесообразно применять детерминированные неровности, соответствующие длине рельсового звена.

Путь может быть представлен в виде системы отдельных инерционных упругих опор с демпферами сухого трения. Свободная поверхность таких опор в принятой системе координат определяется аналитически или задаётся в функции $\eta(x)$. Жёсткостные и диссипативные характеристики отдельных упругих опор могут быть различны и задаваться в зависимости от координаты x . Следовательно, в фиксированном сечении пути x соответствующая упругая опора будет иметь определённую жёсткость $c_n(x)$ и величину статического прогиба $z_n(x)$, зависящего также от величины статической нагрузки на колесо экипажа (рис. 4).

Жёсткость рельсового пути может быть представлена в виде зависимости [6, с. 306]: $c_n(x) = c'_n(x) + c''_n(x) \cdot \delta_n \cdot (\delta_{сч} - 0,5)$; (13)

$$\dot{c}_n(x) = c_0 + |B_n \cdot \sin|\frac{\pi}{L} \cdot x| + \\ + |B_n \cdot \sin|3 \cdot \frac{\pi}{L} \cdot x||,$$

где c_0 — жёсткость рельса в стыке;

A_n и B_n — амплитуда изменения жёсткости по первой и второй гармоникам;

L — длина звена;

x — сечение пути, изменяющееся с шагом, равным длине шпального ящика;

Δ_n — коэффициент, показывающий максимально возможное изменение жёсткости от одного шпального ящика к другому (в общем случае это изменение жёсткости носит случайный характер);

$\Delta_{сч}$ — псевдослучайное число, изменяющееся от 0 до 1 (для их получения используется генератор случайных чисел).

Такое представление жёсткости пути, например, удобно использовать для проведения сравнительной оценки влияния отдельных параметров вагона на его динамические качества.

Получается, вертикальное и горизонтальное возмущения в модели экипаж—путь задаются не только начальными геометрическими неровностями незагруженного пути, но и изменением жёсткостных параметров пути по длине рельса (параметрические колебания). Следовательно, траектория колеса (так называемая динамическая неровность) будет определяться параметрами всей системы экипаж—путь. При этом расчётная модель не учитывает распределительные свойства реального рельсового пути.

Положение колёсной пары, определяемое координатами z , y и β , зависит от вертикальных и горизонтальных динамических неровностей правой и левой рельсовых нитей, а также от радиусов кругов катания $r(t)$, поперечного отбоя колёсной пары, определяемого координатой y , ширины колеи $2S$ в каждом сечении и геометрических неровностей рельсовых нитей в плане y_p . Радиусы кругов катания $r(t)$, в свою очередь, зависят от заданного профиля колеса и всех других координат самой колёсной пары и неровностей пути. Эта связь осуществляется через размер $s(t)$, помогающий найти положение точки кон-

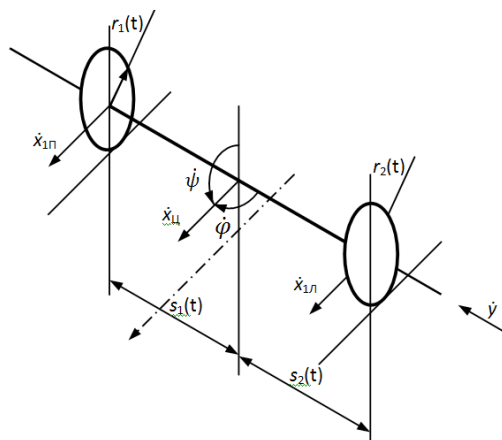


Рис. 5. Расчётная схема для определения скоростей скольжения колеса.

такта колеса на рельсе. Из расчётной модели видно, что характер возмущений при изучении пространственных колебаний вагона будет определяться не только независимыми параметрами пути, но и параметрами исследуемого экипажа и его положением в принятой системе координат.

При нахождении сил трения в точках контакта колесо—рельс расчётной модели для упрощения задачи использовалась схема определения скоростей проскальзывания с учётом перекатывания колёсной пары (рис. 5).

Направление силы трения перпендикулярно нормальной силе давления R_N в точке контакта колесо—рельс и противоположно направлению скоростей скольжения $\dot{x}$ и $\dot{y}$. Ввиду малости наклона катания относительно плоскости XOY при наличии зазоров между гребнем и рельсом вертикальная составляющая силы трения колесо—рельс не учитывается.

Приняв допущение, что скорость вагона вдоль оси пути V постоянна, можно из выражения (6) получить скорости движения центра масс каждой колёсной пары вдоль оси пути $\dot{x}_{u1}, \dots, \dot{x}_{u4}$ с учётом подёргивания колёсных пар в пределах упругих зазоров в продольном направлении. Тогда из выражений (14)–(16) можно определить скорости скольжения каждого из колёс. Относительные скорости скольжения находятся делением величин из выражений (16) на соответствующую величину $\dot{x}_{u1}, \dots, \dot{x}_{u4}$.



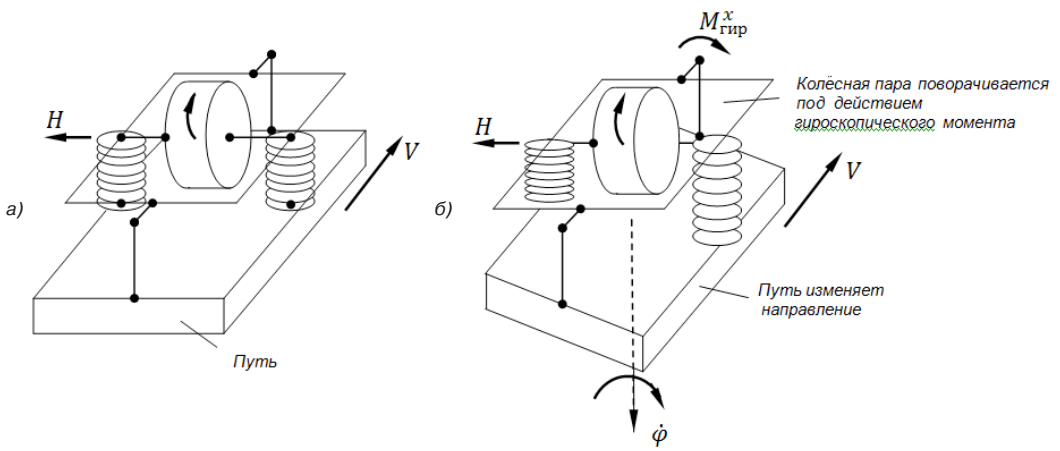


Рис. 6. Проявление гироскопических свойств у колёсной пары.

Графики максимальных вертикальных $\ddot{z}$ и горизонтальных поперечных $\ddot{y}$ ускорений колёсной пары при различных скоростях

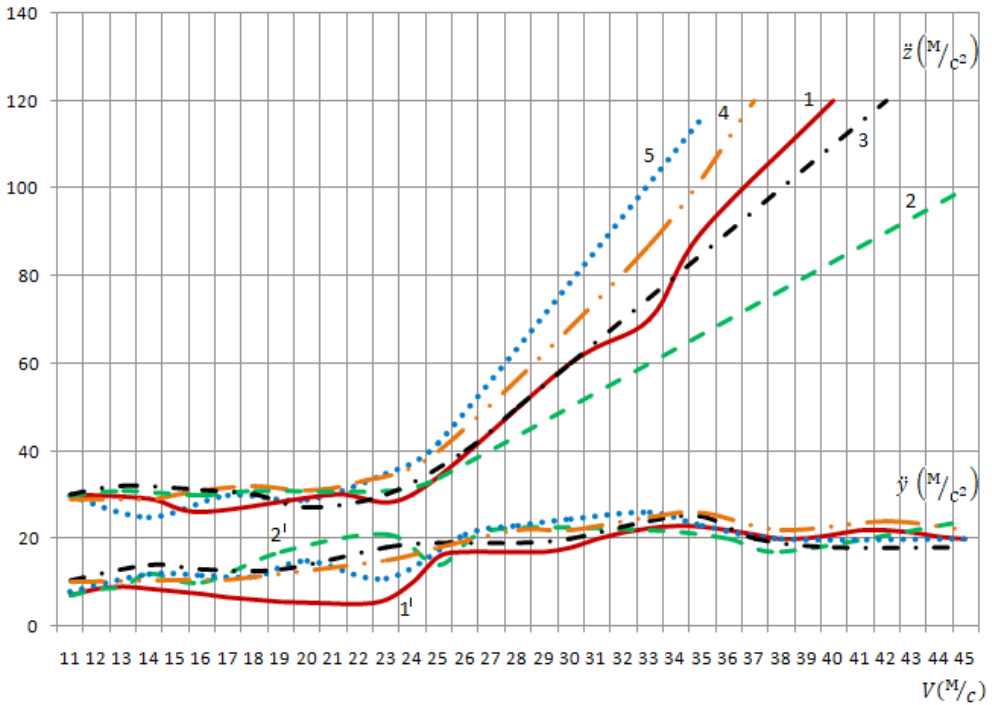


Рис. 7. Результаты расчёта.

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_{1n} &= \dot{\psi}_1 r_1(t) - \dot{\phi}_1 s_1(t); \\ \dot{x}_{1L} &= \dot{\psi}_1 r_2(t) - \dot{\phi}_1 s_2(t); \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\dot{y}_{1n} = \dot{y}_1 + \dot{x}_{u1} \phi_1; \quad \dot{y}_{1L} = \dot{y}_1 + \dot{x}_{u1} \phi_1; \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{01n} &= \sqrt{(\dot{x}_{1n} - \dot{x}_{1u})^2 + \dot{y}_{1n}^2}; \\ V_{01L} &= \sqrt{(\dot{x}_{1L} - \dot{x}_{1u})^2 + \dot{y}_{1L}^2}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Зная величину относительной скорости скольжения, можно определить коэффициент трения между колесом и рельсом.

Появление и необходимость учёта гироскопического момента в модели обусловлено тем, что при высоких скоростях движения быстро вращающаяся колёсная пара начинает проявлять гироскопические свойства. КП фактически

становится ротором двухстепенного гироскопа [7, с. 288], ось которого лежит в плоскости перпендикулярно направлению пути. Для пояснения представим, что изменяется направление движения вагона, КП вкатывается с прямого участка в кривую (рис. 6). На первоначальном этапе ось гироскопа (КП) сопротивляется вписыванию в кривую. Через контакт колесо—рельс путь воздействует на сопротивляющийся гироскоп, создавая момент сил относительно вертикальной оси z , который заставляет поворачиваться вектор кинетического момента гироскопа H вниз (рис. 6б). Появляется гироскопический момент M_{sup}^x , который следует учитывать в дифференциальных уравнениях вращательного движения КП.

Входящие в дифференциальные уравнения значения гироскопических моментов вращающихся колёсных пар определяются из зависимостей:

$$\left. \begin{aligned} M_{z1,...,4}^{sup} &= J_y \frac{\dot{x}_{u1,...,4}}{r_{cp}} \dot{\beta}_{1,...,4}; \\ M_{x1,...,4}^{sup} &= J_y \frac{\dot{x}_{u1,...,4}}{r_{cp}} \dot{\phi}_{1,...,4}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Кроме того, на скоростях движения выше 140 км/ч необходимо учитывать дисбаланс КП. Воздействие дисбаланса возникает периодически и имеет условием оборот колеса. На одной половине оборота воздействие идёт на путь, на другой — путь, наоборот, разгружается (рис. 7). Горизонтальные и вертикальные составляющие сил, обусловленных дисбалансом КП, определяются в зависимости от массы дисбаланса m_d по формулам:

$$\left. \begin{aligned} P_{dx} &= m_d (\dot{\psi}_j)^2 \cdot r_{cp} \cdot \cos \psi_j; \\ P_{dz} &= m_d (\dot{\psi}_j)^2 \cdot r_{cp} \cdot \sin \psi_j. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Непосредственное опирание кузова на буксы позволяет существенно снизить массу необрессоренных частей. Для этого случая свой интерес представляет

задача по определению влияния дисбаланса и гироскопического момента на уровень вертикальных $\ddot{z}$ и горизонтальных $\ddot{y}$ ускорений, действующих на колёсную пару. Подобные величины могут быть использованы, например, при определении коэффициента запаса устойчивости колёсной пары против схода с рельсов. Результаты расчёта в виде зависимостей $\ddot{y}$ и $\ddot{z}$ от скорости движения представлены на рис. 7. Из анализа данных видно, что масса дисбаланса и гироскопический эффект больше сказываются на вертикальных, чем на горизонтальных ускорениях. Из сопоставления кривых 1, 2 и 5 следует, что в большей степени на максимальные значения $\ddot{z}$ оказывает влияние величина дисбаланса.

Таким образом, уточнённая нелинейная модель движения колёсной пары вагона позволяет реально оценивать динамические свойства подвижного состава при высоких скоростях движения с учётом влияния гироскопического момента и дисбаланса колёсной пары.

ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов В. Н., Смольянинов А. В., Козлов И. В., Подлесников Я. Д. Параметры инновационных вагонов и некоторые проблемы их реализации // Транспорт Урала. — 2017. — № 1. — С. 25–31.
2. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути. Утверждена распоряжением ОАО «РЖД» от 14 ноября 2016 г. № 2288р.
3. Antipin D. Ya., Bondarenko D. A., Izmerov O. V. Study of dynamic loads in traction drive of freight locomotive under the influence of railway track irregularities. — 2017. — Procedia Engineering 206. — pp. 1583–1586.
4. Орлова А. М. Влияние конструктивных схем и параметров тележек на устойчивость, ходовые качества и нагруженность грузовых вагонов / Дис... док. техн. наук. — СПб.: ПГУПС, 2008. — 403 с.
5. Ромен Ю. С., Савоськин А. Н., Акишин А. А. Характеристики возмущений, вызывающих колебания рельсовых экипажей // Вестник ВНИИЖТ. — 2013. — № 6. — С. 21–29.
6. Филиппов В. Н. Особенности расчёта, анализа и пути улучшения динамических показателей перспективных большегрузных вагонов / Дис... док. техн. наук. — М.: МИИТ, 1986. — 384 с.
7. Халфман Р. Динамика: Пер. с англ. — М.: Наука, 1972. — 568 с.

Координаты авторов: **Тармаев А. А.** — t38_69@mail.ru, **Филиппов В. Н.** — filippovvn@gmail.com, **Петров Г. И.** — petrovgi@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 12.11.2018, принята к публикации 12.12.2018.



ON MODELING OF CAR'S WHEEL SET MOVEMENT

Tarmaev, Anatoliy A., Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia.

Filippov, Victor N., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Petrov, Gennady I., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article considers a refined mathematical model of motion of a wheel set with a variable structure of a system of nonlinear differential equations, as well as design diagrams describing interaction of elements of a railway vehicle and a track. The model also takes into account factors that are relevant for speed movement, such as gyroscopic moment and

imbalance of a wheel set. The «vehicle–track» system is presented as complex and multi-mass one, with a different structure of interconnections. The track is studied in the form of a free curved surface on the Winkler base as a system of separate inertial elastic supports with dry friction dampers. The model will allow to obtain the correct quantitative results, to evaluate the dynamic properties of rolling stock.

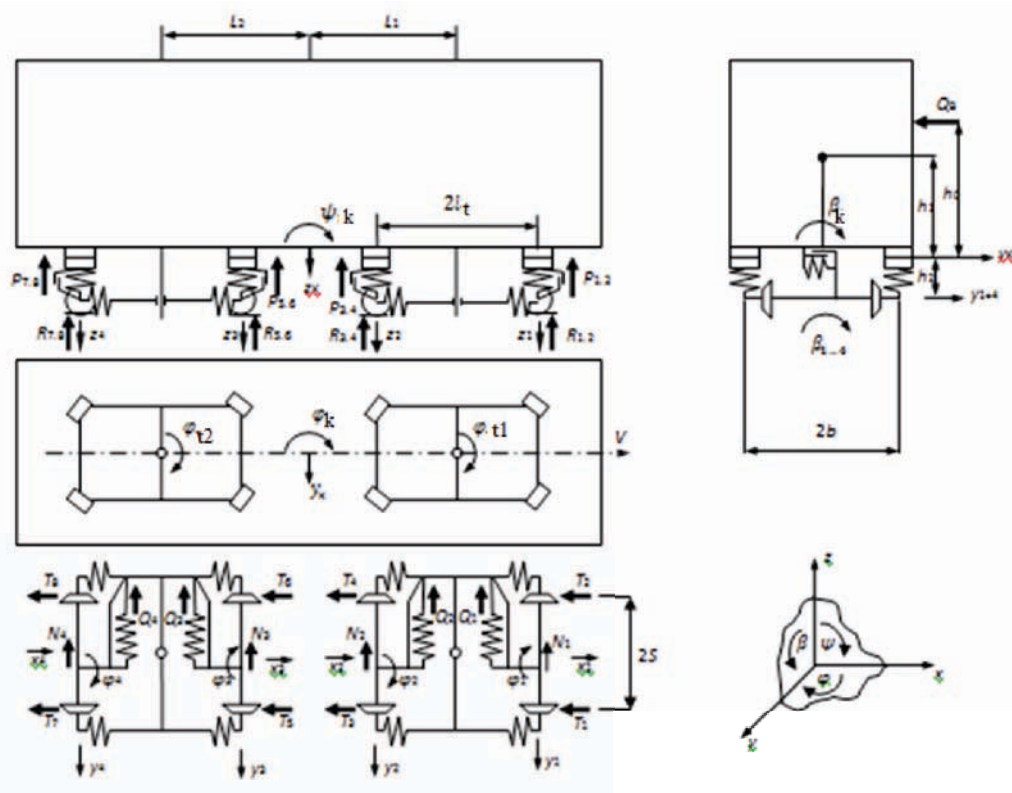
Keywords: railway, high-speed traffic, railway track, mathematical model, dynamic properties of a car, wheel set.

Background. A modern railway track is characterized by the use of heavy-type rails, reinforced concrete sleepers, changes in the standards for track construction, bearing capacity of the roadbed, increased tolerances for track gauge maintenance, deviations in the plan and profile [1, p. 29; 2, pp. 27–30]. As a result, the reduced mass of track, dynamic loads have increased, affecting the operating conditions of rolling stock, first of all its running gear [3, p. 1584], and led to an actual reduction in the design speed. These factors require consideration when creating an innovative rolling stock (RS) and predicting expected dynamic indicators.

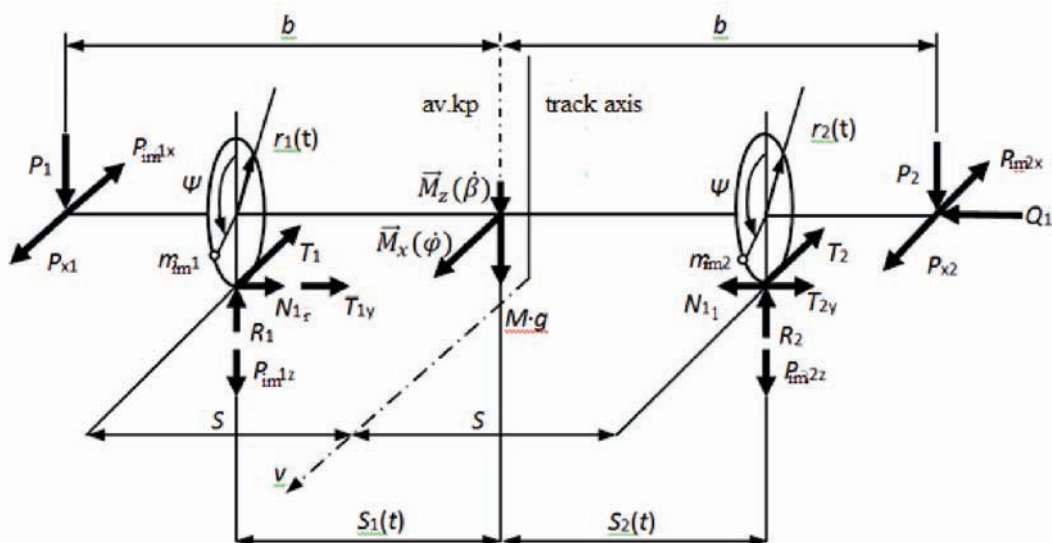
In this regard, it is necessary to have a reliable methodology and a mathematical model of wagon movement, which adequately describes the processes in the complex dynamic system «vehicle–track».

To simulate the dynamics of RS, specialized software systems are used, among which are CONTACT, FASTSIM software applications and MEDYNA, VAMPIRE, NUCARS, GENSYNS, SIMPACK, ADAMS/Rail software systems, and the domestic «Wagon» (Research Institute of Railway Transport), «DiONiS» («Dynamics, optimization, loading and statics», Russian University of Transport), «UM» «Universal Mechanism» (Bryansk State Technical University) software systems.

In a number of cases, we will immediately say, linearized models are used that do not take into account important aspects of dynamic loading of elements of cars under typical operating load conditions. It is known, in particular, that the results obtained on linearized models apply only to vibrations with small amplitudes and provide a qualitative, rather



Pic. 1. Calculation model of a four-axle car (an example with a body leaning on axle boxes).



Pic. 2. Scheme of forces applied to the wheel set.

than a quantitative picture of phenomena of tortuous movement and forced vibrations [4, p. 38]. Therefore, when developing an adequate design model, one should keep in mind the existing nonlinearities in differential equations and constraints.

A key element determining reliability of results obtained in modeling movement of a railway vehicle is correct description of dynamics of wheel sets. Therefore, we consider implementation of the model at the example of a nonlinear model of the motion of a wheel set (WS) along rails and its interaction with a track.

Objective. The objective of the authors is to consider different aspects of modeling of car's wheel set movement.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, mathematical method.

Results.

1.

The tendency to increase speed of movement of RS requires that simulation of WS movement takes into account such factors as the gyroscopic moment and the run-out of wheels due to imbalance of the wheel set.

When developing a design model as an integral part of a car model (Pic. 1 shows a variant of a car having bogies with direct support of a body on axle boxes of wheel sets) and a system of differential equations, two conditions are priori:

- WS are absolutely rigid;
- it is assumed that the forces shown in Pic. 2 affect each WS.

The spatial oscillations of WS (unsprung masses of a bogie falling on a wheel set) can be described by a system of nonlinear differential equations, using the example of the first WS.

$$(M + M_r) \ddot{z}_1 + R_1 + R_2 + P_{im1z} +$$

$$P_{im2z} - P_1 - P_2 - M \cdot g = 0; \quad (1)$$

$$M \cdot \ddot{y}_1 + N_1 - Q_1 = 0; \quad (2)$$

$$M \cdot \ddot{x}_1 + T_1 + T_2 - P_{x1} - P_{x2} + P_{im1x} + P_{im2x} = 0; \quad (3)$$

$$J_z \cdot \ddot{\phi}_1 - T_1 \cdot s_1(t) + T_2 \cdot s_2(t) +$$

$$+ (P_{x1} - P_{x2}) \cdot b + M_{z1}^{gyr} = 0; \quad (4)$$

$$(J_x + J_{tr}) \cdot \ddot{\beta}_1 + R \cdot s(t) - R \cdot s(t) +$$

$$+ (P_2 - P_1) \cdot b - (N_{1r} + T_{1y}) \cdot r_1(t) +$$

$$+ (N_{1l} - T_{2y}) \cdot r_2(t) + M_{x1}^{gyr} \cdot \text{sign}(\beta_1) = 0; \quad (5)$$

$$\psi_1 = \frac{2\dot{x}_{c1}}{r_1(t) + r_2(t)}; \quad \psi_{l(i+1)} = \psi_{li} + \psi_{l(i+1)} \cdot h; \quad (6)$$

$$\dot{x}_{c1} = V - \dot{x}_1,$$

where M – mass of a wheel set;

g – gravitational acceleration;

M_r – reduced mass of a track;

$x, y, z, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z}$ – coordinates of the position

of the centers of mass of wheel sets and their derivatives with respect to time;

$R_1, \dots, R_8$ – vertical reactions of rails under wheels;

$P_{im1z}, \dots, P_{im8z}$ – vertical components of forces due to imbalance of wheel sets;

$P_1, \dots, P_8$ – vertical reactions of spring sets;

$N_1, \dots, N_4$ – horizontal reactions acting on wheel sets;

$Q_1, \dots, Q_4$ – horizontal transverse reactions of spring sets;

$T_1, \dots, T_8$ – longitudinal components of friction forces arising from wheel slip on rails;

$P_{x1}, \dots, P_{x8}$ – horizontal longitudinal reactions of the axle box connections to the bogie frame (determined taking into account dry friction forces arising between the bogie frame and axle box body and gaps in the guides);

$P_{im1x}, \dots, P_{im8x}$ – horizontal longitudinal components of forces due to imbalance of wheel sets;

J_x, J_y, J_z – moments of inertia of the wheel set relative to the corresponding axes of coordinates;

$s_1(t), \dots, s_8(t)$ – distance from the middle of wheel sets to the contact points of the wheel with the rail;

b – distance from the longitudinal axis of symmetry of the car to the fulcrum of the body on the axle box;

$M_{x1}^{gyr}, \dots, M_{x4}^{gyr}, M_{z1}^{gyr}, \dots, M_{z4}^{gyr}$ – gyroscopic moments of rotating wheel sets with respect to the respective axes;

J_{rx} – reduced moment of inertia of the track;



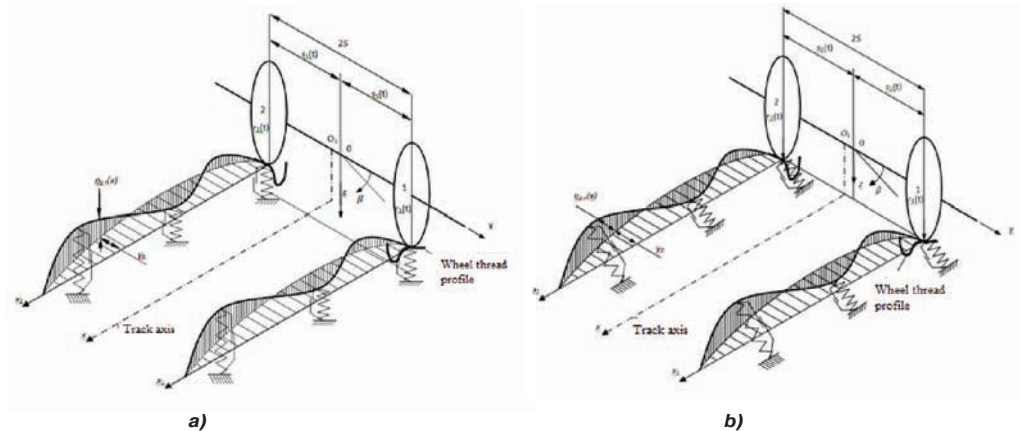


Fig. 3. Simplified design scheme of the system «vehicle-track»:
a) vertical track irregularities; b) horizontal track irregularities.

$N_{1p}, \dots, N_{4p}, N_{1r}, \dots, N_{4r}$ – horizontal components of the reaction, acting on wheel sets; the reaction is due to conicity of the rolling profile of the left and right wheels;
 $T_{1y}, \dots, T_{8y}$ – transverse components of friction forces arising from wheel slip along rails;
 $\psi_1, \dots, \psi_4; \dot{\beta}_1, \dots, \dot{\beta}_4; \ddot{\psi}_1, \dots, \ddot{\psi}_4; \ddot{\beta}_1, \dots, \ddot{\beta}_4$ – angles of rotation of wheel sets and their derivatives with respect to time;
 $r_1(t), \dots, r_8(t)$ – radii of wheels rolling circles;
 $\dot{x}_{c1}, \dots, \dot{x}_{c4}$ – speed of movement of the center of mass of the wheel set;
 V – speed of a car along a track;
 h – geometric size;

$i, i+1$ – index denoting the iteration sequence number.
 When determining vertical reactions of spring sets and vertical reactions from the side of the track, a one-sided connection is taken into account by introducing the conditions of deloading if the sum of static deflection and dynamic deformation is equal to or less than zero.
 Horizontal reactions $N_{1p}, \dots, N_{4p}$ acting on wheel sets, are determined from the expression (7) taking into account the horizontal component due to conicity of the rolling profile $N_{1r}, \dots, N_{4r}$ of the right and $N_{1p}, \dots, N_{4p}$ of the left wheels, and transverse components of friction forces $T_{1y}, \dots, T_{8y}$ arising from wheel slip along rails.

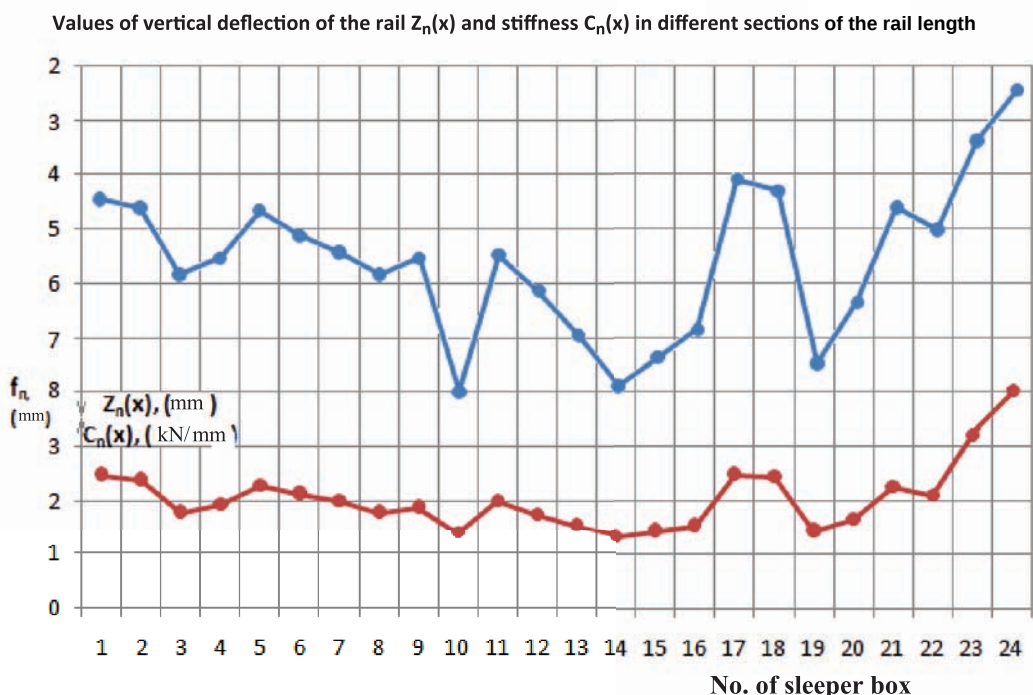


Fig. 4. Characteristics of the track obtained during the field experiment.

Vertical dynamic deformations $\Delta_{p1}, \dots, \Delta_{p8}$, horizontal transverse dynamic deformations $\Delta_1, \dots, \Delta_8$, $\Delta_{x1}, \dots, \Delta_{x8}$ and horizontal longitudinal dynamic deformations are determined by dependencies (8), (9), (10). They also record the rates of dynamic deformations, but the coordinates in this case are replaced by the values of their first derivatives with respect to time. The vertical dynamic reactions of the track under wheels follow from (11).

$$N_1 = N_{1r} - N_{1l} + T_{1y} + T_{2y}; \quad (7)$$

$$\Delta_{p1} = z_k + \psi_k \cdot (L_1 + L_7) + \beta_k \cdot b_1(t) - z_1 - \beta_1 \cdot b; \quad (8)$$

$$\Delta_{p2} = z_k + \psi_k \cdot (L_1 + L_7) + \beta_k \cdot b_2(t) - z_1 - \beta_1 \cdot b; \quad (9)$$

$$\Delta_1 = y_k + \phi_k \cdot (L_1 + L_7) + \phi_{t1} \cdot l_t - y_1; \quad (10)$$

$$\Delta_{x1} = (\phi_1 - \phi_{t1}) \cdot b + x_1; \quad (10)$$

$$\Delta_{x2} = (\phi_1 - \phi_{t1}) \cdot b + x_1; \quad (10)$$

$$\Delta_{R1} = z_1 + \beta_1 \cdot s_1(t) - z_{pr1z}(x) + \eta_{p1z}(x) + r_1(t); \quad (11)$$

$$\Delta_{R2} = z_1 + \beta_1 \cdot s_2(t) - z_{pr2z}(x) + \eta_{p2z}(x) + r_2(t); \quad (11)$$

$$\Delta_{S1} = y_1 + \phi_1 \cdot s_1(t) - z_{pr1y}(x) + \eta_{p1y}(x) + s_1(t); \quad (12)$$

$$\Delta_{S2} = y_1 + \phi_1 \cdot s_2(t) - z_{pr2y}(x) + \eta_{p2y}(x) + s_2(t); \quad (12)$$

where $z_{prz}, z_{prz}, z_{prz}, z_{prz}$ track parameters in the vertical and transverse directions.

The vertical reactions of the track regarding a wheel set depend on the parameters of the track and the coordinates that determine the position of the unsprung parts of the bogies. This connection is carried out through the values of dynamic deformations.

To find the trajectory of the wheel set, one should look for solutions of a system of six differential equations. However, in order to accurately determine the forces of resistance to rolling of a wheel set along an elastically deformed rail, it is necessary to significantly complicate the computational models of the track, representing them as complex multi-mass systems with different structures of interconnections. This complication allows to more fully reflect the physical side of the task, the state of the real track, to get the correct quantitative results.

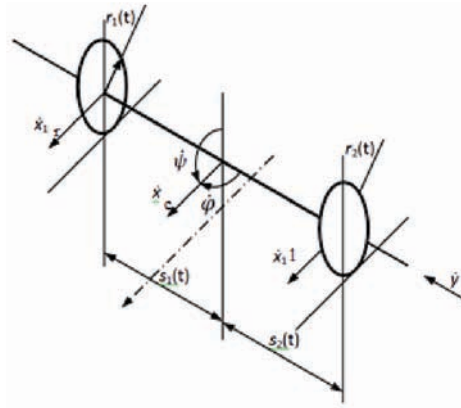
To account for the elastic and inertial properties of the track between the wheel and the base of the railroad track, an additional sprung mass of the track superstructure, reduced to the wheel, is introduced. The rail is considered as a free curved surface on a Winkler base.

In the design model of the track (Pic. 3), the rail has geometrical irregularities, the base stiffness variable in length (Pic. 4) is taken into account, which allows simulating the real track when the necessary data are available [5, p. 21]. The magnitude of the reduced mass of the track M_t involved in the force interaction with the wheel is assumed to be dependent on deflection of the rail, this mass may change when the car moves. Vertical and horizontal irregularities are set separately on the right and left rails.

2.

When solving many problems associated with assessment of dynamic qualities and determination of the maximum values of coefficients of vertical dynamics, horizontal frame forces, stability reserves from derailment, it is advisable to use deterministic irregularities corresponding to the length of the rail.

The track can be represented as a system of individual inertial elastic supports with dry friction dampers. The free surface of such supports in the adopted coordinate system is determined analytically or is given in the function $\eta(x)$. The stiffness and dissipative characteristics of the individual elastic supports can be different and can be set depending on x coordinate. Consequently, in a fixed section of the track x , the corresponding elastic support will have



Pic. 5. The design scheme for determining the wheel slip speeds.

a certain stiffness $c_n(x)$ and a static deflection $z_n(x)$, which also depends on the static load on the vehicle's wheel (Pic. 4).

Rail track stiffness can be represented as a dependency [6, p. 306]:

$$c_n(x) = \dot{c}_n(x) + \dot{c}_n(x) \cdot \delta_{sec} \cdot (\delta_{sec} - 0,5); \quad (13)$$

$$\dot{c}_n(x) = c_0 + |B_n \cdot \sin \left| \frac{\pi}{L} \cdot x \right| + |B_n \cdot \sin \left| 3 \cdot \frac{\pi}{L} \cdot x \right|,$$

where c_0 – rail stiffness at the junction;

A_n and B_n – amplitude of change of stiffness in the first and second harmonics;

L – length of the rail;

x – section of the track, changing with a step equal to the length of the sleeper box;

Δ_n – coefficient showing the maximum possible change in stiffness from one sleeper box to another (in general, this change in stiffness is random);

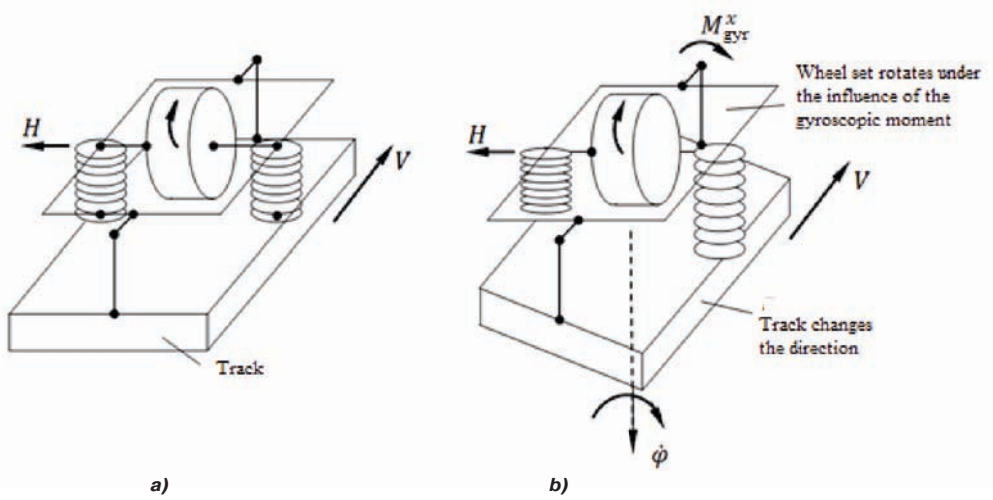
Δ_{sec} – pseudo-random number varying from 0 to 1 (random number generator is used to obtain them).

It is convenient to use such a representation of track stiffness, for example, for conducting a comparative assessment of influence of individual parameters of a car on its dynamic qualities.

It turns out that vertical and horizontal perturbations in the model vehicle-track are not only defined by the initial geometric irregularities of the unloaded track, but also by the variation of rigid parameters of the track along the rail length (parametric oscillations). Consequently, the trajectory of the wheel (the so-called dynamic unevenness) will be determined by the parameters of the entire system vehicle-track. In this case, the design model does not take into account the distribution properties of the real track.

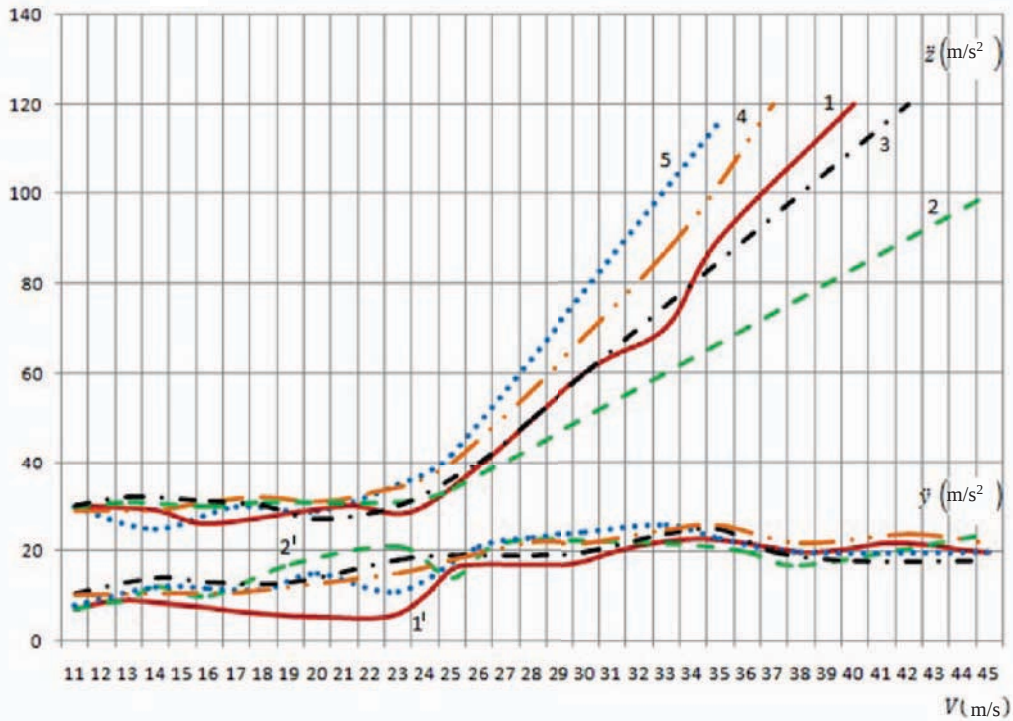
The position of the wheel set, determined by z , y and β coordinates, depends on the vertical and horizontal dynamic irregularities of the right and left rail threads, as well as on the radii of rolling circles $r(t)$, the cross-sectional deviation of the wheel set, determined by the coordinate y , the track width $2S$ in each section and geometric irregularities of rail threads in terms of the plan y_p . The radii of rolling circles $r(t)$, in turn, depend on the given wheel profile and all other coordinates of the wheel set itself and the roughness of the track. This connection is made through size $s(t)$, which helps to find the position of the point of contact of the wheel on the rail. From the design model it can be seen that the nature of the disturbances in the study of the spatial oscillations of the car will be determined not only by the independent





Pic. 6. The manifestation of the gyroscopic properties of the wheel set.

Graphs of maximum vertical $\ddot{y}$ and horizontal $\ddot{z}$ transverse accelerations of the wheel set at various speeds



Pic. 7. Results of calculation.

parameters of the track, but also by the parameters of the vehicle under study and its position in the adopted coordinate system.

When finding friction forces at the wheel–rail contact points of the design model, to simplify the problem, we used a scheme for determining slip rates taking into account rolling of the wheel set (Pic. 5).

The direction of the friction force is perpendicular to the normal pressure force R_N at the point of contact wheel–rail and opposite to the

direction of sliding speeds $\dot{x}$ and $\dot{y}$. Due to the smallness of the slope of rolling relative to XOY plane in the presence of gaps between the ridge and rail, the vertical component of the wheel–rail friction force is not taken into account.

Taking the assumption that the speed of the car along the axis of the track V is constant, it is possible from the expression (6) to obtain the speeds of the center of mass of each wheel set along the axis of the track $\dot{x}_{c1}, \dots, \dot{x}_{c4}$, taking into

account bouncing of wheel sets within the elastic gaps in the longitudinal direction. Then from the expressions (14)–(16) it is possible to determine sliding speed of each of the wheels. The relative sliding speeds are found by dividing the values from expressions (16) by the corresponding value $\dot{x}_{c1}, \dots, \dot{x}_{c4}$.

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_{lr} &= \dot{\psi}_1 \cdot r_1(t) - \dot{\phi}_1 \cdot s_1(t); \\ \dot{x}_{ll} &= \dot{\psi}_1 \cdot r_2(t) - \dot{\phi}_1 \cdot s_2(t); \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

$$\dot{y}_{lr} = \dot{y}_1 + \dot{x}_{c1} \cdot \phi_1; \quad \dot{y}_{ll} = \dot{y}_1 + \dot{x}_{c1} \cdot \phi_1; \quad (15)$$

$$\left. \begin{aligned} V_{0lr} &= \sqrt{(\dot{x}_{lr} - \dot{x}_{lc})^2 + \dot{y}_{lr}^2}; \\ V_{0ll} &= \sqrt{(\dot{x}_{ll} - \dot{x}_{lc})^2 + \dot{y}_{ll}^2}. \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

Knowing the value of the relative sliding speed, one can determine the coefficient of friction between the wheel and the rail.

The appearance of the gyroscopic moment and necessity of taking it into account in the model is due to the fact that at high speeds, the rapidly rotating wheel set begins to show gyroscopic properties. WS actually becomes a rotor of a two-step gyroscope [7, p. 288], the axis of which lies in the plane perpendicular to the direction of the track. For the sake of explanation, let us imagine that the direction of movement of the car changes, WS rolls in from the straight section into the curve (Pic. 6). At the initial stage, the gyroscope axis (WS) resists fitting into the curve. Through the wheel–rail contact, the track acts on the resisting gyroscope, creating a moment of forces to the vertical axis z , which causes the gyroscopic momentum vector H to turn down (Pic. 6b). A gyroscopic moment M_{gr}^x appears, which should be taken into account in the differential equations of WS rotational motion.

The values of gyroscopic moments of rotating wheel sets entering into differential equations are determined from the dependences

$$\left. \begin{aligned} M_{c1, \dots, 4}^{gr} &= J_y \cdot \frac{\dot{x}_{c1, \dots, 4}}{r_{av}} \cdot \dot{\beta}_{1, \dots, 4}; \\ M_{x1, \dots, 4}^{gr} &= J_y \cdot \frac{\dot{x}_{c1, \dots, 4}}{r_{av}} \cdot \dot{\phi}_{1, \dots, 4}. \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

In addition, at speeds above 140 km/h, WS imbalance must be taken into account. The impact of imbalance occurs periodically and has the condition of a wheel turn. In one half of the turn, the impact goes on the track, on the other – the track, on the contrary, is unloaded (Pic. 7). The horizontal and vertical components of the forces caused by WS imbalance are determined depending on the mass imbalance m_{im} by the formulas

$$\left. \begin{aligned} P_{imjx} &= m_{im} (\dot{\psi}_j)^2 \cdot r_{av} \cdot \cos \psi_j; \\ P_{imjz} &= m_{im} (\dot{\psi}_j)^2 \cdot r_{av} \cdot \sin \psi_j. \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

Direct support of the body by the axle boxes can significantly reduce the mass of unsprung parts. For this case, the problem of determining the influence of imbalance and gyroscopic moment on the level of vertical $\ddot{z}$ and horizontal $\ddot{y}$ accelerations acting on the wheel set is of interest. Such values can be used, for example, in determining the stability factor of the wheel set versus derailment. The calculation results in the form of dependences $\ddot{y}$ and $\ddot{z}$ on the speed of movement are presented in Pic. 7. From the analysis of the data it is clear that the mass imbalance and the gyroscopic effect have a greater effect on the vertical than on the horizontal accelerations. From the comparison of curves 1, 2 and 5 it follows that to a greater extent the magnitude of imbalance affects the maximum values $\ddot{z}$.

Conclusion. Thus, the refined non-linear model of movement of the wheel set of a car makes it possible to realistically evaluate the dynamic properties of rolling stock at high speeds, taking into account the influence of the gyroscopic moment and the imbalance of the wheel set.

REFERENCES

1. Filippov, V. N., Smolyaninov, A. V., Kozlov, I. V., Podlesnikov, Ya. D. Parameters of innovative cars and some problems of their realization [Parametry innovatsionnykh vagonov i nekotorye problem ih realizatsii]. *Transport Urala*, 2017, Iss. 1, pp. 25–31.
2. Instructions for current maintenance of the railway track. Approved by the order of JSC Russian Railways of November 14, 2016 No. 2288r [Instruktsiya po tekushchemu soderzhaniyu zheleznodorozhnogo puti. Uverzhdena rasporyazheniem OAO «RZD» ot 14 noyabrya 2016 g. No. 2288r].
3. Antipin, D. Ya., Bondarenko, D. A., Izmerov, O. V. Study of dynamic loads in traction drive of freight locomotive under the influence of railway track irregularities. *Procedia Engineering* 206 (2017), pp. 1583–1586.
4. Orlova, A. M. Influence of design schemes and parameters of bogies on stability, driving performance and loading of freight cars. D.Sc. (Eng) thesis [Vliyaniye konstruktivnykh skhem i parametrov telezhek na ustoychivost', khodovyye kachestva i nagruzhennost' gruzovykh vagonov. Dis... dok. tekhn. nauk]. St. Petersburg, PGUPS, 2008, 403 p.
5. Romen, Yu. S., Savoskin, A. N., Akishin, A. A. Characteristics of perturbations causing oscillations of rail vehicles [Kharakteristiki vozmushchenii, vyzyvayushchih kolebaniya relsovykh ekipazhei]. *Vestnik VNIIZhT*, 2013, Iss. 6, pp. 21–29.
6. Filippov, V. N. Features of calculation, analysis and ways to improve the dynamic performance of promising heavy-duty cars. D.Sc. (Eng) thesis [Osobennosti rascheta, analiza i puti uluchsheniya dinamicheskikh pokazatelei perspektivnykh bolhegruznykh vagonov / Dis... dok. tekhn. nauk]. Moscow, MIIT publ., 1986, 384 p.
7. Halfman, R. L. Dynamics [Translated into Russian]. Moscow, Nauka publ., 1972, 568 p.

Information about the authors:

Tarmaev, Anatoliy A. – Ph.D. (Eng), associate professor of Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia, t38_69@mail.ru.

Filippov, Victor N. – D.Sc. (Eng), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, filippovvn@gmail.com.

Petrov, Gennady I. – D.Sc. (Eng), professor, head of the department of Wagons and wagon facilities of Russian University of Transport, Moscow, Russia, petrovgi@gmail.com.

Article received 12.11.2018, accepted 12.12.2018.





Методология планирования автомобильных пассажирских перевозок



Иосиф СПИРИН
Iosif V. SPIRIN

Владимир БЕЛЯЕВ
Vladimir M. BELYAEV



Валерия АНТОНОВА
Valeria V. ANTONOVA

Спирин Иосиф Васильевич – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ОАО «НИИАТ», Москва, Россия.

Беляев Владимир Михайлович – доктор технических наук, профессор кафедры менеджмента Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.

Антонова Валерия Владимировна – магистрант Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), Москва, Россия.

Planning Methodology for Road Passenger Transportation
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 31)

Потребность в теоретико-методологических оценках организации транспортного процесса, особенностей рынка пассажирских перевозок в современном городе объясняется меняющимися экономическими условиями в стране, трансформацией правовых основ производственно-хозяйственной деятельности. Методология планирования, о которой идёт речь в первую очередь, рассматривается в ретроспективе, преемственном развитии и открыта для продолжений, позволяющих перманентно получать научно обоснованные результаты, выверенные решения и достоверные прогнозы.

Ключевые слова: рынок перевозок, автомобильный транспорт, управление, методология планирования, пассажиропоток, спрос, правовое обеспечение, ретроспективный анализ.

Федеральным законодательством установлена обязанность уполномоченных органов государственной власти, её субъектов и органов местного самоуправления осуществлять организацию регулярных перевозок пассажиров и их багажа на маршрутах автомобильного и городского наземного электрического транспорта. Основным актом, определяющим компетенции органов исполнительной власти в сфере развития регулярных перевозок пассажиров, определён документ о планировании регулярных перевозок [1].

Подобный документ ранее не готовился и не использовался. Его разработка должна осуществляться перманентно на всех уровнях государственного и муниципального управления привлекаемыми для этого специалистами. Повсеместная подготовка документов планирования регулярных перевозок потребует в масштабах страны большого числа профессионалов, которые должны обладать необходимыми знаниями и компетенциями.

1. ПРАВОВОЙ КОНТЕКСТ И ПОДХОДЫ

Деятельность уполномоченных органов исполнительной власти согласно положениям Федерального закона «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015 г. № 220-ФЗ (далее — ФЗ-220) предусматривает [1, ст. 1; гл. 2–5]:

а) установление, изменение или отмену регулярных маршрутов;

б) утверждение расписания движения по маршруту на основе проекта, представляемого уполномоченному органу лицом, иницилирующим маршрут;

в) подразделение маршрутов по видам регулярных перевозок на маршруты с регулируемыми или нерегулируемыми государством (органами местного самоуправления) тарифами, изменение вида регулярных перевозок на маршруте (автобусные, троллейбусные, трамвайные);

г) предоставление пассажирам льгот в оплате проезда;

д) проведение конкурса на право обслуживания маршрута перевозчиками;

е) ведение реестров маршрутов различных категорий и реестров остановочных пунктов;

ж) оформление свидетельств на право осуществления перевозок по маршрутам и карт маршрутов.

Ранее существовавшие технологические разработки могут быть рассмотрены как аналоги задач транспортного планирования только применительно к подпунктам «а» и «б». Остальные задачи и выглядели принципиально иначе, и очевидно их несоответствие технологии организации перевозок, сформированной прикладной транспортной наукой. Причём для исключения путаницы следует различать два понятия: организацию перевозок и технологическую организацию перевозок пассажиров и багажа. На рис. 1 приведён пример последовательности решения задач при осуществлении перевозок городским пассажирским транспортом (ГПТ) [2–4].

Для реализации положений ФЗ-220 разрабатываются следующие документы:

• **документ планирования регулярных перевозок**, который является нормативным

правовым актом высшего исполнительного органа государственной власти субъекта Российской Федерации или исполнительно-распорядительного органа муниципального образования. Этим документом устанавливается перечень мероприятий по развитию регулярных перевозок, он регулирует отношения, связанные с установлением, изменением, отменой маршрутов, допуском перевозчиков к обслуживанию линий, использованием объектов транспортной инфраструктуры, а также с организацией контроля за выполнением перевозок;

• **свидетельство об осуществлении перевозок по маршруту регулярных перевозок** подтверждает право перевозчика осуществлять такие перевозки по нерегулируемым тарифам;

• **карта маршрута регулярных перевозок** выдается перевозчику на каждое транспортное средство, она содержит краткие сведения о маршруте и характеристики транспортного средства с указанием параметров, влияющих на качество перевозок — наличие низкого пола, кондиционера, оборудования для пассажиров-инвалидов, электронного информационного табло, системы контроля температуры воздуха в салоне, системы безналичной оплаты проезда и т.п. [1];

• **паспорт маршрута регулярных перевозок**, который составляется на каждый маршрут и содержит подробные сведения о нём;

• **реестры маршрутов регулярных перевозок** предназначены для учёта эксплуатируемых пассажирских линий и содержат описание вида перевозок, трасс, предельное число эксплуатируемых на них единиц подвижного состава, информацию о времени работы, данные о перевозчиках. Реестры маршрутов могут быть: а) муниципальные; б) межмуниципальные; в) межрегиональные; г) смежные межрегиональные;

• **реестры остановочных пунктов** предназначены для их учёта и содержат сведения о них.

Процесс транспортного планирования и информационно-логические взаимосвязи его отдельных элементов представлены на рис. 2.

Методологические подходы к планированию, технологической организации ре-



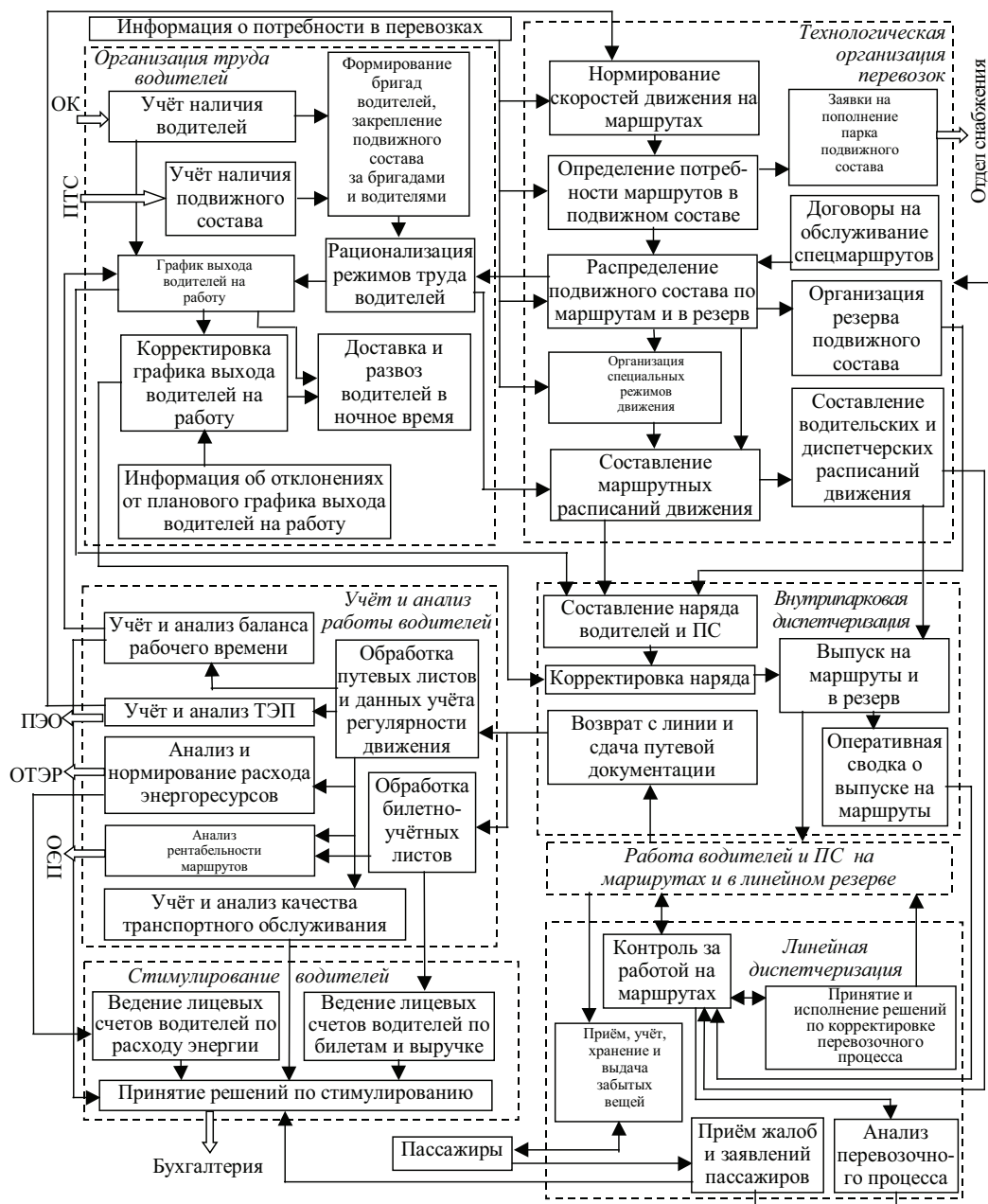


Рис. 1. Информационно-логическая схема решения задач при перевозках пассажиров ГПТ. Пунктирными контурами обозначены функциональные блоки задач, светлыми стрелками – основные информационные связи с подразделениями транспортной организации: ПС – подвижной состав, ПЭО – планово-экономический отдел, ОТАР – отдел топливно-энергетических ресурсов, ОК – отдел кадров, ПТС – производственно-техническая служба.

гулярных пассажирских перевозок в транспортной науке формировались в соответствии:

- с уровнем знаний о транспортных системах и их технико-эксплуатационных возможностях;
- с пониманием текущих и стратегических проблем транспорта и его влияния на общество, экономику, окружающую среду,

расселение, землепользование и другие существенные стороны жизнедеятельности;

- с методами проведения анализа и решения задач планирования и технологической организации перевозок пассажиров;
- с технологиями обработки информации и используемыми при этом средствами передачи данных.

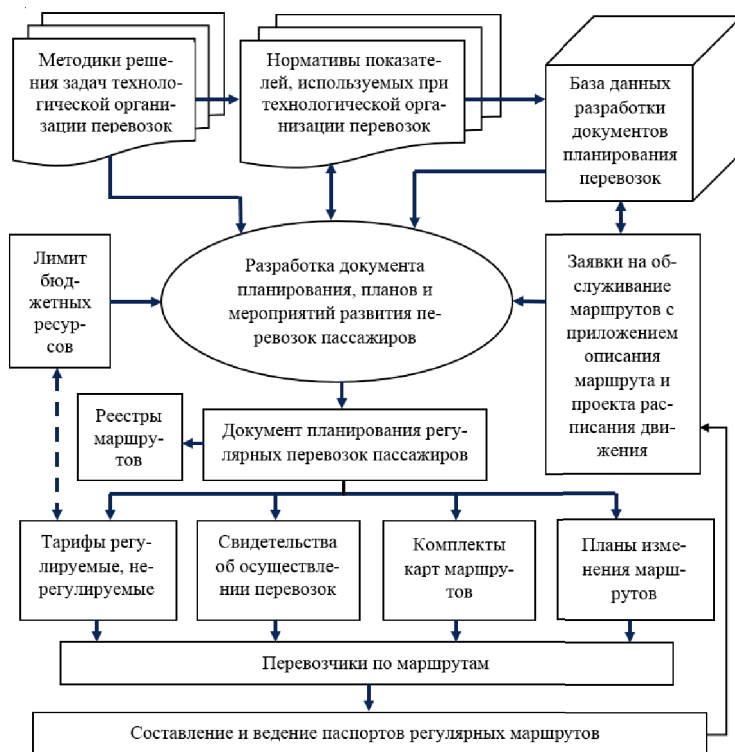


Рис. 2. Процесс транспортного планирования.

Рассматривая перечисленные факторы в комплексе, можно выделить следующие основные этапы, характерные для России:

- **первый этап** — с 60-х годов XX столетия до распада СССР и перехода от командно-административной модели государственного управления транспортом к рыночным методам ведения производственно-хозяйственной деятельности;
- **второй этап** — от начала становления современного российского государства примерно до 2010 года;
- **третий этап** — последние несколько лет до настоящего времени.

Умозрительно можно говорить также о **четвёртом этапе**, понимая под ним прогнозируемые преобразования пассажирской транспортной системы в обозримом будущем.

На каждом из трёх этапов различным образом оценивались базовые вопросы планирования и развития регулярных перевозок пассажиров автомобильным и городским наземным электрическим транспортом:

- цели и стратегические приоритеты при осуществлении планирования и перспектив пассажирского транспорта;

- технологии планирования и формирования будущего транспортных систем;
- информационно-аналитическое обеспечение процесса планирования;
- экономические обоснования планирования и развития транспортных систем.

2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Методологические основы планирования развития транспортных систем формировались несколькими научными школами, выполнявшими исследования и разработки в транспортно-градостроительной и транспортно-эксплуатационной сферах в Москве (НИИАТ, МАДИ, МИСИ, НИПИ Генплана, МАрхИ), Ленинграде (филиал НИИАТ, ЛИСИ), Киеве (КиевНИИП градостроительства) и других городах.

Транспортно-градостроительные разработки в методологическом отношении нашли своё нормативно-технологическое воплощение в СНиП — строительных нормах и правилах, использование которых проектировщиками считалось обязательным. Было разработано большое число правил, регламентирующих различные аспекты архи-



тектурно-строительной деятельности, в том числе транспортного проектирования городской среды, сооружения автомобильных дорог и искусственных сооружений на них.

Значительной методологической инновацией для целей градостроительного проектирования с использованием комплексного подхода явилось формирование и реализация комплексных транспортных схем (КТС), которые осуществлялись в крупных городах с населением 250–500 тыс. и более человек в соответствии с типовыми рекомендациями проектировщикам [5, с. 4–93]. Основной задачей КТС декларировалось определение направлений развития городского и пригородного транспорта на перспективу 10–15 лет.

В руководстве [5] подробно описывается технология выполнения проектных разработок по формированию КТС города, включая методологию:

- выполнения транспортно-планировочной оценки города и уровня транспортного обслуживания населения;
- прогнозирования расчётных параметров и проектирования сетей маршрутизированного транспорта;
- планирования развития магистральной улично-дорожной сети;
- планирования передвижений пешеходов и перевозок пассажиров;
- развития транспортной инфраструктуры (обслуживание транспортных средств);
- развития пригородной транспортной зоны и магистрального транспорта, обеспечивающего транспортные связи города с внешней средой.

Технологические подходы к транспортному планированию при развитии городов обобщены в монографии [6]. Подробно рассмотрена методика проектных и изыскательских работ, приведены рекомендации по их рациональному выполнению. Даны расчётные алгоритмы, анкеты для транспортных обследований и нормативно-методические сводки исходных данных.

Транспортное планирование всесторонне представлено в трудах крупнейшего отечественного учёного, профессора М. С. Фишельсона [7, 8]. При выполнении отечественных разработок принимался во внимание зарубежный опыт [9].

В целом методология транспортного планирования развития транспортной

системы городов достигла достаточно высокого уровня. Были созданы методические, аналитические и информационные предпосылки для плановых расчётов в полувыводоматическом режиме с использованием ЭВМ. При этом машинным способом выполнялись рутинные трудоёмкие операции, а группа проектировщиков проводила качественное сравнение вариантов проектов, выбирая наилучшее решение.

Значительными достижениями, полученными при формировании методологии архитектурно-строительного подхода к транспортному планированию, были:

- постановка новой проблемы и разработка методов решения крупной народнохозяйственной задачи транспортного планирования;
- разработка гипотез расселения жителей городов с учётом альтернативных теоретических подходов, и на этой основе формирование моделей прогнозирования транспортного спроса на пассажирские перевозки;
- осуществление планомерного развития транспортных систем городов;
- попытка увязки технико-эксплуатационных решений транспортной проблемы с экономическими выгодами.

Проблемными вопросами при этом оставались:

- значительные аналитические затруднения при выполнении трудоёмких расчётов, что не давало достаточного числа вариантов планов для их сравнения и выбора наиболее рационального, пока не появились современные методы;
- необходимость трудоёмкого сбора исходных данных, наличие которых совершенно не обеспечивалось системой государственного статистического учёта;
- односторонность оценки транспортных услуг на основе показателей объёма перевозок и пассажирооборота, нереализованная потребность в новом подходе к результатам транспортной деятельности, базирующемся на маркетинговой оценке перевозок и качестве обслуживания пассажиров [10].

3. МАРШРУТИЗАЦИЯ ПЕРЕВОЗОК ПАССАЖИРОВ

В бывшем СССР и других развитых странах были достигнуты значительные успехи в рамках *транспортно-эксплуатационного*

подхода к планированию развития транспортных систем. Основные транспортно-эксплуатационные исследования осуществлялись в Москве, Ленинграде, Новосибирске, Казани и Омске (создание автоматизированных систем диспетчерского управления). В отличие от транспортно-градоостроительного подхода эти исследования касались преимущественно проблем маршрутизации на сложившейся сети, технологии перевозок пассажиров и управления качеством их обслуживания. Такой подход использовался практически всеми исследователями, например, М. Д. Блатновым [11].

Методологической основой построения оптимальной¹ системы (схемы) маршрутов ГПТ был аппарат математического программирования. В конце 1960-х годов М. В. Хрущёв предложил работоспособную методику формирования схемы автобусных маршрутов с использованием ЭВМ [13, 14]. Её тиражировали во многих городах России и других союзных республиках.

Основными критериями при формировании маршрутных схем (МС) были приняты: снижение затрат времени пассажиров на поездки, сокращение пересадочности пассажиров при поездках, экономия затрат перевозчиков за счёт спрямления трасс маршрутов и повышения скоростей движения на них.

Многокритериальный характер задачи и обязательность учёта различных технологических ограничений не позволяют полностью автоматизировать формирование МС. Оптимальной является схема, наилучшим образом отвечающая чётко сформулированным требованиям (критерию), например, минимальным затратам времени на поездки. Ввиду необходимости компромиссного решения с учётом разных по характеру требований и ряда неформализованных соображений при внедрении принимался вариант, несколько отличный от оптимальной МС. Его называли рациональной схемой автобусных маршрутов.

Рациональную схему автобусных маршрутов формировали на основе руководства [12], подготовленного по результатам исследований. Схема предполагает два этапа [2, с. 76–78; 13, с. 5–59].

¹ Критерием оптимальности являлся минимум суммарных затрат времени пассажиров на поездки.

На первом этапе обследуются транспортные корреспонденции между отдельными транспортными микрорайонами (МР) города и собираются данные для расчёта. Обследования корреспонденций организует транспортный орган администрации с привлечением специализированных проектно-технологических организаций при участии перевозчиков.

В качестве МР использовались: компактные жилые массивы, проходные заводы с большим числом работающих, другие места массового тяготения пассажиров (вокзалы, стадионы, театры, торговые и административные комплексы и проч.). Если жилой массив расположен вдоль магистрали, имеющей единственную транспортную связь с остальной городской застройкой (магистраль-радиус), то такой массив принимали за один МР. При выделении микрорайонов исходили из расстояния от периферии МР к его центру (не более 500 м в соответствии с нормативной предельной пешеходной доступностью транспортной линии). Территория МР не должна пересекаться естественными и искусственными преградами — реками, оврагами, заборами и т.п., если не обеспечен удобный пеший проход пассажиров через эти преграды.

На масштабном плане города наносили границы и центры МР, определяли кратчайшие возможные пути проезда между соседними (смежными) микрорайонами. Для центров узловых МР, которые связаны более чем с двумя другими МР, определяли средние затраты времени пассажиров на пересадку с одного направления движения на другое.

По результатам обследования потребности в перевозках составляли таблицу транспортных корреспонденций между отдельными МР. Внимание обращали на правильное их представление. Типичные ошибки: указание корреспонденции без учёта пользования пассажиром скоростным транспортом; отсутствие учёта заездов с детьми в детские дошкольные учреждения перед поездкой и после поездки на работу; зональная оценка без учёта различных преград; отсутствие учёта ежедневных поездок части пассажиров в соседние населённые пункты на электропоездах.

Составляли перечень маршрутов, обязательных для включения в МС, без предварительных расчётов по соображениям сохране-



ния: действующих трамвайных и троллейбусных линий (с учётом ранее произведённых значительных затрат на сооружение рельсового пути и контактной сети); некоторых наиболее рентабельных автобусных маршрутов, обеспечивающих традиционные для города транспортные связи, и кольцевых маршрутов. Доля таких маршрутов от их общего числа, по собственным наблюдениям авторов, обычно составляет 10–30 %.

Подготавливались данные: о числе единиц подвижного состава; минимально допустимой протяжённости маршрута из соображений удобства эксплуатации и производительного использования транспортных средств; максимально допустимом интервале движения на маршрутах из соображений обеспечения коэффициента пользования транспортом не менее 0,8; минимально допустимом объёме перевозок пассажиров на маршруте, исходя из принятого максимального интервала движения и минимальной вместимости единицы подвижного состава. При этом отдельные ограничения или всю их совокупность можно было не задавать.

На втором, расчётном этапе на компьютере формируется вариант МС, удовлетворяющий целевой функции:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (t_{c_{ij}} + t_{n_{ij}}) \Pi_{ij} + \sum_{k=1}^n t_{o_k} \cdot P_k + \sum_{l=1}^{l_0} t_{o_l} \cdot P_l \rightarrow \min,$$

где $i = 1, \dots, m$ — условные номера МР начала передвижения пассажиров; $j = 1, \dots, m$ — условные номера МР окончания передвижения пассажиров; $t_{c_{ij}}$ и $t_{n_{ij}}$ — затраты времени одного пассажира на следование и пересадки при проезде между i -м и j -м МР; $k = 1, \dots, n$ — маршруты ГПТ; t_{o_k} — затраты времени одного пассажира на ожидание посадки при поездке по маршруту k ; P_k — число пассажиров, пользующихся маршрутом k ; $l = 1, \dots, l_0$ — совмещённые участки маршрутной сети, по которым проходят два или более маршрута; t_{o_l} — затраты времени одного пассажира на ожидание посадки при поездке в пределах совмещённого участка l ; P_l — число пассажиров, проезжающих в пределах совмещённого участка l .

В схему включены наперёд заданные маршруты; протяжённость маршрутов находится в определённых пределах; на каждом маршруте интервал движения не более заданного, объём перевозок — не менее заданного; отсутствуют запрещённые маршруты и конечные пункты маршрутов в запрещённых МР.

В формировании рациональной МС используется диалоговый режим эксплуатации программы. Вариант решения оперативно предъявлялся группе экспертов для оценки и корректировки с учётом дополнительных требований и неформальных ограничений. Целенаправленно меняя задания, эксперты добивались маршрутной схемы, в которой достигался компромисс между требованиями качества транспортного обслуживания пассажиров, экономическими интересами перевозчика и имеющимися ресурсными возможностями.

Полученную после корректировок МС наносили на план города, привязывая её к определённым улицам и схемам организации движения на перекрёстках и площадях.

Маршрутную схему пересматривали в двух случаях:

- при текущих локальных изменениях, вызванных появлением в городе новых жилых массивов, промышленных организаций, перевозчиков ГПТ, новых станций метрополитена или другого скоростного транспорта, новых стадионов, театров, торговых комплексов и проч.;
- при периодическом коренном реформировании МС, которое рекомендовалось проводить каждые 5–10 лет [2, с. 71; 17, с. 210]. Практически же коренное реформирование осуществлялось не чаще, чем через 20–25 лет.

4. МЕТОДЫ И ПРАВИЛА

Достаточно самостоятельной и важной для планирования транспортной деятельности проблемой является изучение и прогнозирование спроса на перевозки. Для маршрутизированных перевозок спрос на них выражается в межрайонных корреспонденциях (число пассажиров, проезжающих в определённое время между каждой парой транспортных МР с учётом направлений поездок). Эти корреспонденции отражают сетевую подвижность насе-

ления. На перегонах маршрутов и остановочных пунктах изучают пассажиропотоки — движение людей через точки транспортной сети (перегон на маршруте, прибытие для посадки на остановочный пункт маршрута и убытие с него по окончании поездки). Заметим, что для таксомоторных перевозок говорить о пассажиропотоке бессмысленно, поскольку в таких случаях существует только спрос на перевозку.

Методология изучения и прогнозирования пассажиропотоков для планирования и развития транспортных систем подробно рассмотрена в [2, 15, 16]. Методы получения данных о пассажиропотоках основаны на применении труда учётников, выполняющих многие операции вручную. Следует указать и на то, что затраты на получение информации о передвижении пассажиров по имеющемуся производственному опыту решения задач маршрутизации и технологической организации перевозок превышают 95 % всех расходов на выполнение расчётов по организации маршрутной сети и перевозок в её пределах.

Межрайонные корреспонденции служат исходной информацией для формирования маршрутных схем (сетевая подвижность пассажиров). Для планирования использования подвижного состава необходимо знание пассажиропотоков на маршрутах — маршрутная подвижность пассажиров.

Указанные на рис. 1 задачи технологической организации перевозок пассажиров решаются на основе многократно апробированной методологии, в общем виде описанной в [4, 17]. Аналогичные задачи содержались в ранее действовавшем нормативно-техническом документе [18], разработанном в НИИАТ по заданию Минавтотранса РСФСР и известном специалистам под рабочим названием «Приказ 200», а также других отраслевых руководствах.

В частности, были изданы СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [19]. Конкретизация установленных СНиП требований осуществляется в региональных (территориальных) нормативных документах с учётом местной специфики и возможностей.

В проектах планировки и застройки городских и сельских поселений предписано определять их перспективы за пределами расчётного срока, включая принципиальные решения по территориальному развитию, функциональному зонированию, планировочной структуре, инженерно-транспортной инфраструктуре, рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды. Установлен расчётный срок до 20 лет, а градостроительный прогноз может охватывать перспективу на 30–40 лет.

При проектировании городских и сельских поселений единая система транспорта и улично-дорожной сети в увязке с планировочной структурой поселения и прилегающей к нему территории должна обеспечить удобные, быстрые и безопасные транспортные связи.

Правилами предусмотрены предельные нормативы затрат времени на передвижение жителей в один конец поселения от мест проживания до мест работы (для 90 % населения) в зависимости от людности города:

Людность города, тыс. чел.	Затраты времени, мин.
2000	45
1000	40
500	37
250	35
100 и менее	30

Для городов-гигантов с населением более 2 млн человек нормативы затрат времени на передвижения пассажиров устанавливают на основе индивидуального подхода, с учётом местных особенностей расселения, планировочной структуры, уровня развития скоростного транспорта и прочих подобных условий. Для жителей сельских поселений затраты времени на трудовые передвижения, как правило, не должны превышать получаса.

В СНиП 2.07.01-89 нормируются элементы обустройства и дальнейшего развития:

- объектов внешнего (магистрального) пассажирского транспорта;
- улично-дорожной сети населённого пункта;
- объектов хранения и обслуживания транспортных средств;
- защиты окружающей среды, в том числе от вредного воздействия на неё транспорта.



Отдельный подробный раздел СНиП 2.07.01-89 посвящён пассажирскому городскому транспорту общего пользования и пешеходному движению. Установлены нормативы плотности маршрутной сети, перспективной предельной наполняемости салонов транспортных средств, длины перегонов на маршрутах, затрат времени на пересадки и прочее.

В настоящее время действует актуализированная редакция СП 42.13330.2011 прежнего свода правил. Нынешние нормативы несколько меняют условия проектирования транспорта общего пользования. Наполняемость салонов транспортных средств на перспективу предлагается исчислять, исходя из 4 пасс./м² для обычного режима движения, а для скоростных сообщений — 3 пасс./м² свободной площади пола салона. Укажем, что такие нормативы являются исключительно градостроительными и не имеют никакого отношения к нормированию организации движения транспортных средств на маршрутах перевозок пассажиров (последние устанавливаются только в транспортном законодательстве или изготовителями транспортных средств).

Сводом правил сохранена устоявшаяся норма предельного удаления остановочного пункта транспорта общего пользования от места нахождения пассажира — 500 м, а также введены некоторые поправки для различных местных условий и городских территорий.

5. У ПЛАНА СВОИ ПОТРЕБНОСТИ

Процесс транспортного планирования начинается с определения потребностей населения в передвижениях, в том числе с использованием транспортных средств.

Наиболее общей характеристикой потребности в передвижениях служит общая подвижность населения — число передвижений, приходящееся на одного жителя в год. Передвижения на короткие расстояния выполняются преимущественно пешком. Доля транспортных передвижений определяется коэффициентом пользования транспортом K_n , зависящим от дальности передвижения l и скорости передвижения v . Например, при $l = 3,5$ км, $v = 6$ км/ч и при отсутствии результатов обследований коэффициент K_n по имеющимся усреднённым данным можно принять равным 0,47. В зависимости от целей передвижения изменяется их доля с исполь-

зованием транспортных средств: трудовые и учебные транспортные передвижения составляют обычно не менее $\frac{3}{4}$ [4, с. 80]. Остальные поездки являются культурно-бытовыми и служебными.

Транспортная подвижность населения $P_{тр}$ измеряется числом поездок на одного жителя города за год:

$$P_{тр} = Q / N_{нас},$$

где Q — годовой объём перевозок на городских маршрутах, тыс. пасс.; $N_{нас}$ — численность населения города, тыс. жителей.

При отсутствии реальных данных рекомендовано пользоваться укрупнёнными нормативами по группам городов [17, с. 161, 183]. Доля поездок по различным целям изменяется в зависимости от развития и состава градообразующей базы, приближения её объектов к местам проживания. Потребность в поездках закономерно изменяется по периодам суток, достигая максимума в часы пик.

Поездки характеризуют направлением, в связи с чем выделяют пункты их начала и окончания. Число поездок между определённой парой пунктов составляет *транспортную корреспонденцию*. Различают транспортные корреспонденции сетевые (между микрорайонами города) и маршрутные (между остановочными пунктами отдельно взятого маршрута). Сетевые корреспонденции становятся основой информационной базы для маршрутизации перевозок. Маршрутные корреспонденции являются информационной основой для рационализации соответствующих маршрутов.

Общие методические рекомендации, касающиеся определения транспортной подвижности, разработаны в 1970 году [20]. С момента издания этого руководства и по настоящее время принципиальных изменений в технологической организации перевозок пассажиров не произошло. Появились лишь инновационные технологии получения путевой информации о работе транспортных средств на линии и мониторинговых данных о перевозках и пассажиропотоках, внедрении новых технических средств.

Методология обследования пассажиропотоков подробно рассмотрена в [15, 16]. Для целей упорядочения статистического материала о перевозках и планирования работы транспорта на основе нормативов подвижности пассажиров выпущено руководство [21].

Бывший Минавтотранс в своё время финансировал проведение десятков исследований по созданию методологической основы планирования и технологической организации перевозок пассажиров в различных видах автобусного сообщения. Наибольшее число исследований и выпущенных затем организационно-методических разработок касаются автобусов на городских маршрутах и работы в режиме маршрутного такси. Перевозки пассажиров легковыми автомобилями-такси являлись отдельным научно-методическим направлением.

Маршрутное расписание движения на автобусном транспорте — базовый плановый документ. При составлении расписания приходится решать сложную математическую задачу сопряжения готовых к выпуску на линию автобусов и графиков работы водителей. Для решения этой задачи использовали методику распределения автобусов по маршрутам [22, с. 6–23]. Для разработчиков расписаний движения предназначаются методические рекомендации [23], актуальные и в настоящее время. Технологические приёмы, заложенные в эти методические рекомендации, в интерактивном режиме реализуются по компьютерным программам, с корректировкой результатов опытным оператором.

Скоростное и экспрессное сообщения на автобусных маршрутах повышают эффективность использования подвижного состава, снижают себестоимость перевозок и обеспечивают существенное улучшение качества транспортного обслуживания пассажиров. Основы планирования и организации скоростных, экспрессных, полукспрессных и комбинированных режимов движения автобусов изложены в работах [17, 24, 25].

Исполнение расписания движения всегда было проблемным вопросом. Бюджетное финансирование перевозчиков должно осуществляться только за фактически выполненные в соответствии с расписанием рейсы. Срыв рейсов оказывает существенное влияние на качество транспортного обслуживания пассажиров, если учесть, что в России на каждом четвёртом маршруте работает один или два автобуса. Поэтому для повышения надёжности транспортного обслуживания надлежит создавать и использовать резерв подвижного состава.

Реорганизация системы пассажирского транспорта связана с реструктуризацией

комплекса общественных отношений [3, 26]. При осуществлении расчётов в процессе транспортного планирования отдельный интерес представляет обоснование используемой стоимостной оценки затрат времени пассажирами в разных вариантах транспортных решений. Стоимостная оценка позволяет ставить в соответствие время на поездки как важнейший показатель качества транспортного обслуживания и затраты на выполнение проекта. В работе [27] содержится описание отечественного и зарубежного опыта определения стоимостной оценки и рассматриваются методологические основы обоснования этого нормативного показателя для целей транспортного планирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сделанный анализ показывает, насколько методологически целесообразно разработать руководство по транспортному планированию, в котором были бы изложены адаптируемые под новые требования методы решения задач маршрутизации и технологической организации перевозок пассажиров на регулярных маршрутах городского автомобильного и наземного электрического транспорта. Руководство должно предусматривать возможность использования современных программ моделирования подвижности и перевозок пассажиров, а также информации, получаемой от информационных средств геопозиционирования и применения электронных ИТ.

Принципиальными требованиями, предъявляемыми к будущему руководству, являются:

- использование концепции устойчивого развития транспортных систем и объектов;
- обеспечение транспортной доступности различных территорий и объектов посещения потенциальными пассажирами;
- интеграция градостроительного, транспортного, экологического, социального и других видов законодательства в интересах выполнения нормативных предписаний, регламентирующих заданные показатели качества транспортного обслуживания пассажиров;
- реализация возможностей современных «умных городов»;
- применение технических инноваций в области транспортного машиностроения;





• комплексный подход к использованию достоинств разных видов транспорта на основе концепции логистизации пассажирских сообщений.

Для осуществления транспортного планирования следует создать систему мониторинга информации, необходимой при организации регулярных перевозок пассажиров, а также повысить квалификацию персонала, модернизировать содержание учебного процесса в профильных вузах, программы подготовки специалистов для нужд отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015 № 220-ФЗ (с учётом изм. и доп.).
2. Спирин И. В. Городские автобусные перевозки: Справочник. — М.: Транспорт, 1991. — 278 с.
3. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского пассажирского транспорта: Монография. — М.: Каталог, 2007. — 200 с.
4. Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: Учебник. 9-е изд., испр. и доп. — М.: Академия, 2015. — 400 с.
5. КиевНИИП градостроительства Госгражданстроя; ЦНИИП градостроительства Госгражданстроя; БелНИИП градостроительства Госстроя БССР. «Рекомендации по разработке комплексных транспортных схем для крупных городов». — М.: Стройиздат, 1983. — 121 с.
6. Старинкевич А. К., Олейников Е. С. Транспорт в планировке и застройке городов (методика изыскательских и проектных работ). — Киев: Изд-во «Будівельник», 1965. — 116 с.
7. Овечников Е. В., Фишельсон М. С. Городской транспорт: Учебник. — М.: Высшая школа, 1976. — 352 с.
8. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов: Учеб. пособие. — М.: Высшая школа, 1980. — 296 с.
9. Simpson B. J. Planning and Public Transport in Great Britain, France and West Germany. — Longman Group UK Limited, 1987.
10. Асалиев А. М., Завьялова Н. Б., Сагинова О. В., Спирин И. В., Скоробогатых И. И. и др. Маркетинговый подход к управлению качеством транспортного обслуживания: Монография / Под ред. Завьяловой Н. Б., Сагиновой О. В., Спирина И. В. — Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2016. — 172 с.
11. Блатнов М. Д. Пассажирские автомобильные перевозки: Учебник для автотранспортных техникумов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1981. — 222 с.
12. Руководство по составлению рациональных схем автобусных маршрутов в городах / Минавтотранс РСФСР. НИИАТ. — М., 1984. — 49 с.
13. Антошвили М. Е., Варелопуло Г. А., Хрущёв М. В. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. — М.: Транспорт, 1974. — 104 с.
14. Хрущёв М. В. Методы общей и локальной маршрутизации автобусного транспорта в городах: Монография. — М.: ГУУ, 1999. — 168 с.
15. Заблочкий Г. А. Методы расчёта потоков пассажиров и транспорта в городах / Госкомитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР. ЦНТИ по гражданскому строительству и архитектуре. — М., 1968. — 91 с.
16. Зенгуш М. В., Белинский А. Ю., Дынкин А. Г. Пассажиропотоки в городах / Под ред. М. С. Фишельсона. — М.: Транспорт, 1974. — 136 с.
17. Спирин И. В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Справочное пособие. — М.: Академкнига, 2006. — 413 с.
18. Приказ Минавтотранса РСФСР от 31 декабря 1981 г. № 200 «Об утверждении правил организации пассажирских перевозок на автомобильном транспорте».
19. СНиП 2.07.01-89 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений». — М., 1994.
20. «Руководство по организации пассажирских перевозок на автомобильном транспорте» (утв. Минавтотрансом РСФСР 18.06.1968). — М., 1970. — 194 с.
21. Мун Э. Е., Москвичев Е. С., Спирин И. В., Файзулин А. С. Руководство по нормированию подвижности пассажиров городского транспорта: Методическое пособие для работников организаций транспорта и органов государственной статистики. — М.: Каталог, 2005. — 128 с.
22. Минавтотранс РСФСР. Приказ № АВ-14/1969 от 01.11.1979 «О внедрении Методических указаний по распределению автобусов на городских маршрутах с помощью ЭВМ». — М., 1980. — 29 с.
23. Минавтотранс РСФСР; НИИАТ. «Методические рекомендации по составлению расписаний движения автобусов на городских маршрутах» (утв. Минавтотрансом РСФСР 07.07.1982). — М., 1984. — 109 с.
24. Логинов В. Н. Повышение эффективности работы автобусов на городских маршрутах на основе оптимизации скоростных форм и режимов сообщения: Монография. — М.: ГУУ, 1998. — 156 с.
25. Методические указания по организации полужэкспрессных (скоростных) автобусных маршрутов в городах / Ленинградский филиал НИИАТ, 1972. — 15 с.
26. Куцакин А. С., Спирин И. В. Методы государственного регулирования городского пассажирского транспорта: Монография. — М.: Академический центр «Единые транспортные системы», 1999. — 57 с.
27. Спирин И. В. Теоретические основы учёта и стоимостной оценки затрат времени на транспортные передвижения: Монография. — М.: Каталог, 2006. — 112 с.
28. СП 42.13330.2011 «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01-89 (с поправкой)». Введён в действие с 20.05.2011. Утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 28.12.2010 № 820. Официальное издание. — М.: Минрегион России, 2011. — 109 с. ●

Координаты авторов: **Спирин И. В.** — ivspirin@yandex.ru,

Беляев В. М. — belyaev-v@mail.ru, **Антонова В. В.** — Antonova.valeria.v@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 23.10.2018, принята к публикации 12.11.2018.

PLANNING METHODOLOGY FOR ROAD PASSENGER TRANSPORTATION

Spirin, Iosif V., OJSC NIIAT, Moscow, Russia.

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

Antonova, Valeria V., Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The need for theoretical and methodological assessments of organization of the transport process, of the features of the passenger transportation market in the modern city is explained by the changing economic conditions in the country and transformation of legal foundations of production and business activities. The planning methodology, which is discussed in the first place, is considered in retrospect, successive development and is open to continuations, allowing to permanently obtain scientifically based results, verified solutions and reliable forecasts.

The current Russian legislation binds public authorities, regional and local governments to carry out organization of regular transportation of passengers and their baggage on the routes of the road and urban ground electric transport. The main act defining the competence of the executive authorities in development of regular passenger transportation is a document on planning of regular transportation. As such a document has not

previously been implemented, its development should be carried out permanently at all levels of public administration and city management.

The analysis shows that it is advisable to develop a guide to transport planning, which would set forth methods of solving routing problems and technological organization of passenger transportation on regular routes of urban motor and urban electric transport, include the possibility of using modern software for modeling mobility and passenger transportation, as well as information obtained from georeferencing tools and the use of electronic IT. The guide should be based on the concept of sustainable development of transport systems and facilities; transport accessibility of various territories and objects for potential passengers; integration of urban planning, transport, environmental, social and other types of legislation; capabilities of modern «smart cities»; technical innovations in the field of transport engineering; an integrated approach and the concept of logistics of passenger traffic; permanent monitoring; improved staff qualifications.

Keywords: transportation market, road transport, management, planning methodology, passenger flow, demand, legal support, retrospective analysis.

Background. Russian federal legislation establishes the obligation of the authorized public administrations, regional and local governments to carry out organization of regular transportation of passengers and their baggage on the routes of the road and urban land electric transport. The main act defining the competence of the executive authorities in development of regular passenger transportation is a document on planning of regular transportation [1].

Such a document has not previously been prepared and has not been used. Its development should be carried out permanently at all levels of public administration and municipal management by specialists involved in this. The widespread preparation of regular transportation planning documents will require a large number of specialists throughout the country who must possess the necessary knowledge and competencies.

Objective. The objective of the authors is to consider planning methodology for road passenger transportation.

Methods. The authors use general scientific methods, historical and comparative analysis, evaluation approach, statistical method.

Results.

1. Legal context and approaches

Management actions in the context of the provisions of the Federal Law «On organization of regular transportation of passengers and baggage by road and urban land electric transport in the Russian Federation and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» dated July 13, 2015 No. 220-FZ (hereinafter – FZ-220) comprise [1, art. 1; ch. 2–5]:

- a) establishment, modification or cancellation of regular routes;
- b) approval of the timetable for the route on the basis of the project submitted to the authorized body by the person initiating the route;

- c) division of routes by types of regular transportation into routes with regulated or unregulated by the state (local governments) tariffs, changing the type of regular transportation on the route (bus, trolleybus, tram);

- d) providing passengers with travel benefits;

- e) holding a competition for the right to serve the route by carriers;

- f) maintaining registers of routes of various categories and registers of stopping points;

- g) registration of certificates for the right to carry out transportation along routes and of route maps.

Previously existing technological developments can be considered as analogues of the tasks of transport planning only in relation to sub-items «a» and «b». The remaining tasks looked fundamentally different, as well as obviously their nonconformity with the technology of organization of transportation, developed by applied transport science. Moreover, to avoid confusion, two concepts should be distinguished: organization of transportation and technological organization of transportation of passengers and baggage. Pic. 1 shows an example of the sequence of solving problems in transportation by urban passenger transport (UPT) [2–4].

To implement the provisions of FZ-220 it is necessary to prepare:

- a regular transportation planning document, which is a regulatory legal act of the highest executive body of a government of a constituent entity of the Russian Federation or an executive body of a municipality. This document establishes a list of measures for development of regular transportation, it regulates relations connected with establishment, change and cancellation of routes, admission of carriers to service lines, use of transport infrastructure facilities, and organization of control over implementation of transportation;
- a certificate of transportation on the route of regular transportation confirms the carrier's right to carry out such transportation at unregulated tariffs;



• a regular transportation route map is issued to the carrier for each vehicle, it contains a brief information about the route and vehicle characteristics, indicating the parameters affecting the quality of transportation – presence of a low floor, air conditioning, equipment for disabled passengers, an electronic information board, cabin air temperature control system, cashless fare systems, etc. [1]:

• registers of regular transportation routes are designed to record passenger lines in operation and contain a description of the type of transportation, routes, the maximum number of rolling stock units used on them, information on working hours, and carrier data. Route registries may be: a) municipal; b) intermunicipal; c) interregional; d) adjacent interregional ones;

The process of transport planning and the information and logical interconnections of its individual elements are presented in Pic. 2

- level of knowledge about transport systems and their technical and operational capabilities;
- understanding of current and strategic problems of transport and its impact on society, the economy, the environment, resettlement, land use and other essential aspects of life;

Considering the listed factors in the complex, it is possible to single out the following main stages, characteristic for Russia:

- the second stage – from the beginning of formation of the modern Russian state until about 2010;
- the third stage – during last few years to the present.

It is also possible to speculatively speak about the fourth stage, meaning the predicted transformations of the passenger transport system in the foreseeable future.

At each of three stages, the basic issues of planning and developing regular passenger transportation by road and urban land electric transport were assessed differently:

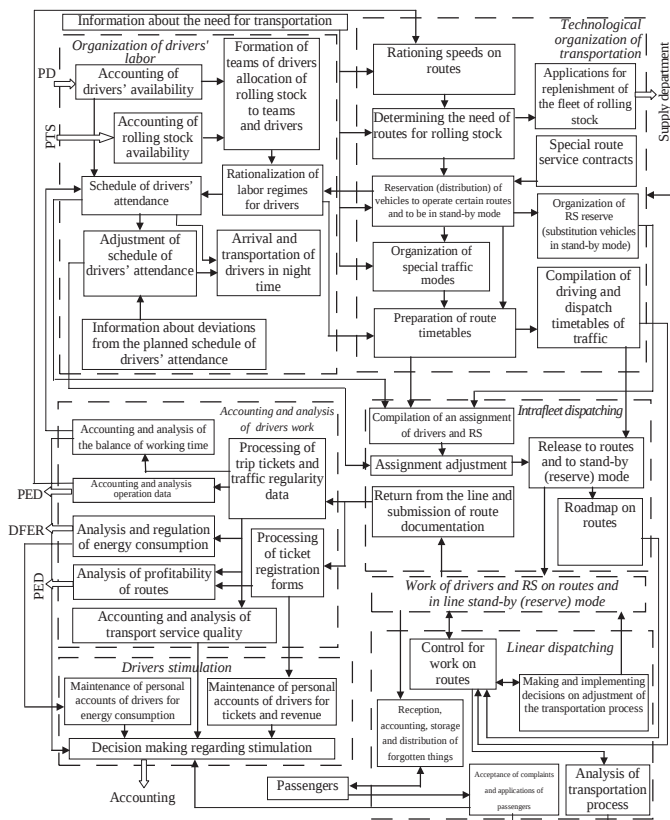
- objectives and strategic priorities in implementation of planning and prospects of passenger transport:

- technologies of planning and shaping the future of transport systems:

- information and analytical support for the planning process:

- *economic justification for planning and development of transport systems.*

Methodological bases for planning the development of transport systems were formed by several scientific schools that carried out research and development in the transport, urban planning and transport and operational areas in Moscow (NIAT, MADI, MISI, NIPI



of the General Plan, MARHI) [research institute of road transport, Moscow automobile and road construction institute, Moscow construction institute, research and design institute of general planning, Moscow institute of architecture], Leningrad (branch of NIAT, LISI), Kiev (KievNIIP of urban planning) and other cities.

In a methodological sense, transport and town planning developments have found their normative and technological implementation in SNIIP – building codes and regulations, the use of which by designers was considered mandatory. A large number of rules were developed that regulate various aspects of architectural and construction activities, including the transport design of the urban environment, construction of roads and artificial structures on them.

A significant methodological innovation for urban planning with the use of an integrated approach was formation and implementation of integrated transport schemes (KTS), which were carried out in large cities with a population of 250–500 thousand or more people in accordance with typical recommendations to designers [5, pp. 4–93]. The main task of the KTS was definition of guidelines for development of urban and suburban transport for the future 10–15 years.

The guidelines [5] describe in detail the technology for implementation of design work on development of the city's KTS, including the methodology:

- performance of a transport and planning assessment of the city and of quality level of transport service of the population;
- forecasting design parameters and designing routed transport networks;
- planning the development of the main road network;
- planning for pedestrian and passenger traffic;
- development of transport infrastructure (vehicle maintenance);
- development of suburban transport zone and trunk transport, providing transport links of the city with the external environment.

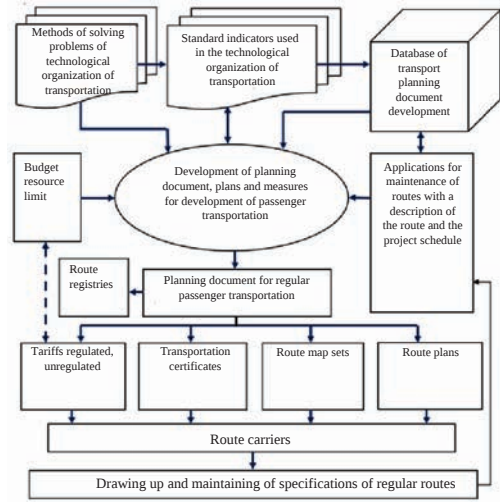
Technological approaches to transport planning for urban development are summarized in the monograph [6]. The methods of design and exploration work are considered in detail, recommendations on their rational implementation are given. The computational algorithms, questionnaires for transport surveys and regulatory and methodological summaries of the source data are given.

Transport planning is comprehensively presented in the works of the largest Russian scientist, professor M. S. Fishelson [7, 8]. When performing domestic developments, foreign experience was taken into account [9].

In general, the methodology of transport planning for development of the urban transport system has reached a fairly high level. Methodical, analytical and information prerequisites were created for planned calculations in semi-automatic mode using a computer. At the same time routine labor-consuming operations were performed by machine, and a group of designers carried out a qualitative comparison of the variants of the projects, choosing the best solution.

Significant achievements obtained in development of the methodology of the architectural and construction approach to transport planning were:

- formulation of a new problem and development of methods for solving a major national economic task of transport planning;
- development of hypotheses for settlement of urban residents taking into account alternative theoretical approaches and, on this basis, development



Pic. 2. The process of transport planning.

of models for forecasting transport demand for passenger transportation;

- implementation of the planned development of urban transport systems;
- an attempt to link technical and operational solutions to the transport problem with economic benefits.

At the same time, problematic issues remained:

- significant analytical difficulties in performing time-consuming calculations, which did not give a sufficient number of variants of plans for their comparison and selection of the most rational, until modern methods appeared;
- the need for time-consuming collection of source data, the presence of which was completely not provided by the system of public statistical accounting;
- one-sided assessment of transport services based on indicators of traffic volume and passenger turnover, unfulfilled need for a new approach to the results of transport activities based on a marketing assessment of transportation and passenger service quality [10].

3. Routing of passengers

In the former USSR and other developed countries, significant success was achieved in the framework of the transport-operational approach to planning the development of transport systems. The main transport and operational studies were carried out in Moscow, Leningrad, Novosibirsk, Kazan and Omsk (creation of automated dispatch control systems). In contrast to the transport and urban planning approach, these studies focused mainly on routing problems on the existing network, passenger transportation technology and quality management of their services. This approach was used by almost all researchers, for example, by M. D. Blatnov [11].

The methodology for building an optimal¹ system (scheme) for UPT routes was based on apparatus for mathematical programming. In the late 1960s, M. V. Khrushchev proposed a workable method of forming a bus route scheme using a computer [13, 14]. It was replicated in many cities of Russia and other Soviet Union republics.

The main criteria for formation of route schemes (RS) were taken: reducing the time spent by passengers

¹ The optimality criterion was the minimum total cost of travel time for passengers.



on trips, reducing passenger interchange when traveling, saving carriers costs by straightening routes and increasing their speeds.

The multi-criteria nature of the task and the obligation to take into account various technological constraints do not allow to fully automate the formation of the RS. The optimal one is the scheme that best meets the clearly formulated requirements (criteria), for example, the minimum expenditure of travel time. In view of the need for a compromise solution, taking into account the requirements of a different nature and a number of non-formalized considerations, the implementation of a variant was adopted that was somewhat different from the optimal RS. It was called the rational scheme of bus routes.

A rational scheme of bus routes was formed on the basis of a guide [12], prepared on the basis of research results. Preparation of the scheme involves two stages [2, pp. 76–78; 13, pp. 5–59].

At the first stage, transport correspondence between individual transport microdistricts (TMD) of the city is examined and data for calculation are collected. Correspondence surveys are organized by the transport authority of the administration with involvement of specialized design and technological organizations with participation of carriers.

The following were used as TMD: residential areas, entrance checkpoints of plants with a large number of workers, other places of mass attraction of passengers (railway stations, stadiums, theaters, shopping and administrative complexes, etc.). If the residential area is located along a highway that has a single transport connection with the rest of the urban development (highway-radius), then such an area was taken as one TMD. When allocating microdistricts, they proceeded from the distance from the periphery of TMD to its center (no more than 500 m in accordance with the normative pedestrian accessibility of the transport line). The TMDs territory should not intersect with natural and artificial barriers – rivers, ravines, fences, etc., if there is no convenient walking route for passengers through these barriers.

On the large-scale plan of the city, the boundaries and centers of TMD were plotted, and the shortest possible routes of travel between neighboring (adjacent) microdistricts were determined. For centers of nodal TMD that are associated with more than two other TMDs, the average time spent on transfer from one direction to another was determined by passengers.

According to the results of the survey in the need for transportation a table of transport correspondences between separate TMDs was designed. Attention was paid to their correct presentation. Typical errors were: specifying correspondence without taking into account the passenger's use of rapid transport; lack of registration of arrival with children in preschool institutions before the trip and after the trip to work; zonal evaluation without taking into account various obstacles; lack of accounting for daily trips of passengers to neighboring settlements on electric trains.

A list of routes required for inclusion in the TMD was compiled, without preliminary calculations for reasons of conservation of: existing tram and trolleybus lines (taking into account the previously incurred significant costs for construction of the track and contact network); some of the most cost-effective bus routes providing the city's traditional transport links and ring routes. The share of such routes from their total number was,

according to the opinion of the authors, usually of 10–30 %.

The data were prepared: on the number of rolling stock units; the minimum allowable length of the route for reasons of ease of operation and productive use of vehicles; the maximum allowable range of traffic on routes for reasons of ensuring the operation rate of transport of not less than 0,8; the minimum allowable volume of passenger transportation on the route based on the accepted maximum interval of traffic and the minimum capacity of a rolling stock unit. In this case, individual restrictions or all of them could be ignored.

At the second, design stage, an RS version is formed on the computer that satisfies the objective function:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (t_{c_{ij}} + t_{n_{ij}}) R_{ij} + \sum_{k=1}^n t_{o_k} \cdot P_k + \sum_{l=1}^{l_0} t_{o_l} \cdot P_l \rightarrow \min,$$

where $i = 1, \dots, m$ – reference numbers of TMDs of the beginning of movement of passengers; $j = 1, \dots, m$ – reference numbers of TMDs of the end of movement of passengers; $t_{c_{ij}}$ and $t_{n_{ij}}$ – time spent per passenger to travel and make an interchange when traveling between the i -th and j -th TMD; $k = 1, \dots, R$ – routes of UPT; t_{o_k} – time spent by one passenger waiting for boarding while traveling on route k ; P_k – number of passengers using route k ; $l = 1, \dots, l_0$ – combined sections of the route network, along which two or more routes pass; t_{o_l} – time spent by one passenger waiting for boarding when traveling within the combined area l ; P_l – number of passengers traveling within the combined area l .

Predefined routes are included in the scheme; the length of the routes is within certain limits; on each route, the interval of traffic is no more than a specified, the volume of traffic is not less than a specified one; there are no prohibited routes and route end points in prohibited TMD.

In formation of a rational TMD, the interactive mode of program operation is used. The solution option was promptly presented to the group of experts for evaluation and adjustment, taking into account additional requirements and informal constraints. By deliberately changing tasks, the experts sought a route scheme in which a compromise was reached between the requirements of the quality of passenger transport service, the economic interests of the carrier and the available resource possibilities.

RS, received after adjustments, was put on the city plan, tying it to certain streets and traffic patterns at intersections and squares.

The route scheme was revised in two cases:

- with current local changes caused by the emergence in the city of new residential areas, industrial organizations, UPT carriers, new metro stations or other rapid transport, new stadiums, theaters, shopping malls, etc.;

- with periodic radical reforming of RS, which was recommended to be held every 5–10 years [2, p. 71; 17, p. 210]. In reality radical reform was carried out not more than each 20–25 years.

4. Methods and rules

A problem that is quite independent and important for planning of transport activities is the study and forecasting of demand for transportation. For routed transportation, the demand for it is expressed in inter-district correspondence (the number of passengers traveling at a certain time between each pair of transport TMD, taking into account the directions of travel). These correspondences reflect the network mobility of the

population. On route hauls and stopping points, passenger traffic is studied through studying of movement of people through points of the transport network (hauls en route, arrival to the stopping point of the route and departure from it at the end of the trip). It should be noted that it is meaningless to talk about passenger traffic for taxi traffic, since in such cases there is only demand for transportation.

The methodology for studying and forecasting passenger flows for planning and development of transport systems is discussed in detail in [2, 15, 16]. Methods of obtaining data on passenger flows are based on the use of labor of the accountants, who perform many operations manually. It should be pointed out that the cost of obtaining information on passenger traffic, if we base on existing experience in solving the tasks of routing and technological transport organization, is equal to 95 % of the total cost of the calculations for organization of the route network and transportation within it.

Interdistrict correspondence serve as background information for formation of route schemes (network mobility of passengers). For planning the use of rolling stock, it is necessary to know the passenger traffic on the routes – route mobility of passengers.

Tasks of technological organization of passenger transportation indicated in Pic. 1 are solved on the basis of a repeatedly approved methodology, described in general form in [4, 17]. Similar tasks were contained in the previous regulatory technical document [18] developed at NIAT on the instructions of the former Russian ministry of road transport [RSFSR Minavtotrans] and known to specialists under the working title «Order 200», as well as other industry guidelines.

In particular, SNiP 2.07.01-89 «Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements» [19] was published. The specification of the requirements established by SNiP is carried out in regional (territorial) regulatory documents, taking into account local specifics and capabilities.

The projects of planning and development of urban and rural settlements stipulate to determine their prospects beyond the estimated time frame, including fundamental decisions on territorial development, functional zoning, planning structure, engineering and transport infrastructure, rational use of natural resources and environmental protection. An estimated period of up to 20 years is established, and a town planning forecast can cover a prospect of 30–40 years.

When designing urban and rural settlements, a unified system of transport and road network in conjunction with the planning structure of the settlement and the surrounding area should provide convenient, fast and safe transport links.

The rules stipulate the marginal standards of time spent by residents to move in one end of the settlement from the places of residence to the places of work (for 90 % of the population) depending on the population of the city:

Population of the city, thous. people	Time spent, min.
2000	45
1000	40
500	37
250	35
100 and less	30

For gigantic cities with a population of more than 2 million people, the standards for spending time for passenger traveling are established on the basis of an individual

approach, taking into account local features of settlement, planning structure, level of development of rapid transport and other similar conditions. For residents of rural settlements, the time spent travel to job, as a rule, should not exceed half an hour.

In SNiP 2.07.01-89, the elements of arrangement and further development are regulated:

- objects of external (main) passenger transport;
- road network of the settlement;
- facilities for storage and maintenance of vehicles;
- protection of the environment, including protection against harmful effects of transport on it.

A separate detailed section of SNiP 2.07.01-89 is devoted to public passenger transport and pedestrian traffic. Standards for density of the route network, the prospective limiting occupancy of vehicles, the length of spans on routes, the time spent on interchanges and so on are established.

Currently, the updated version SP 42.13330.2011 of the previous set of rules is in force. The current regulations somewhat change the conditions for design of public transport. In future, it is proposed to calculate the occupancy rate of the passenger compartment on the basis of 4 pass./m² for the normal driving mode, and for rapid communications – on the basis of 3 pass./m² of free floor space of the cabin. We point out that such standards are exclusively town-planning and have no relation to rationing of organization of vehicles traffic on passenger transport routes (the latter are established only in transport legislation or by vehicle manufacturers).

The set of rules preserved the established norm of marginal distance of location of the public transport stopping point from the passenger's location which is 500 m, and also introduced some amendments for various local conditions and urban areas.

5. A plan has its own needs

The process of transport planning begins with determining the needs of the population for mobility, including the need for the use of vehicles.

The most general characteristic of the need for movement is the general mobility of the population – the number of travels per inhabitant per year. Travel over short distances is carried out mainly on foot. The share of travels by transport is determined by the coefficient of use of transport K_p , depending on the distance l and speed of movement v . For example, when $l = 3,5$ km and $v = 6$ km/h, and in the absence of results of a detailed study the coefficient K_p , on the basis of the available mean data, can be deemed to be equal to 0,47. Depending on the purpose of traveling, its share with the use of vehicles changes: labor and training transport traveling is typically not less than ¾ or more [4, p. 80]. The remaining trips are cultural, domestic and job-related ones.

The transport mobility of the population P_{tr} is measured by the number of trips per resident of the city per year:

$$P_{tr} = Q / N_{pop}$$
where Q – annual traffic volume on urban routes, thousand passengers; N_{pop} – population of the city, thousand inhabitants.

In the absence of real data, it is recommended to use the enlarged standards for groups of cities [17, p. 161, 183]. The proportion of trips for various purposes varies depending on development and composition of the city-forming base, approximation of its objects to the places of residence. The need for travel varies regularly by periods of the day, reaching a maximum during peak hours.

Trips are characterized by direction, and therefore points of their beginning and end are allocated. The number of trips between a certain pair of points is transport correspondence. There are network (between microdistricts of the city) and route (between the



stopping points of a single route) transport correspondences. Network correspondence becomes the basis of the information base for transportation routing. Route correspondence is an informational basis for streamlining the corresponding routes.

General guidelines on definition of transport mobility, were developed in 1970 [20]. Since the publication of this manual and to the present, there have been no fundamental changes in the technological organization of passenger transportation. Only innovative technologies of obtaining travel information on the work of vehicles on the line and of monitoring data on traffic and passenger traffic, on introduction of new technical means appeared.

The methodology for examining passenger flows is discussed in detail in [15, 16]. For the purpose of streamlining statistical material on traffic and of planning the work of transport on the basis of standards for passenger mobility a guide was issued [21].

Former ministry of road transport once financed the conduct of dozens of studies to create a methodological basis for planning and technological organization of passenger transportation by various bus transportation modes. The greatest number of studies followed by organizational and methodological developments relate to buses used on urban routes and in the mode of route taxi. Passenger transportation by car-taxi was a separate scientific and methodological direction.

Route timetable for movement of bus transport is a basic planning document. When scheduling, it is necessary to solve a complex mathematical problem of conjugation of buses ready for release onto the line and schedules of drivers. To accomplish this, the methodology of allocation of buses by routes was used [22, pp. 6–23]. For the developers of timetables guidelines [23], relevant in present time, have been designed. Techniques embodied in these guidelines have been interactively implemented with the use of computer programs, the results being updated and modified by experienced operators.

Rapid and express communication on bus routes at the same time increases the efficiency of the use of rolling stock, reduces the cost of transportation and provides a significant improvement in the quality of transport services for passengers. The fundamentals of planning and organizing rapid, express, semi-express and combined modes of bus traffic are described in [17, 24, 25].

The execution of the timetable has always been a problematic issue. Budget financing of carriers should be carried out only for voyages actually made in accordance with the schedule. Disruption of voyages has a significant impact on the quality of transport services for passengers, given that in Russia every fourth route is served by one or two buses. Therefore, to increase reliability of transport services, it is necessary to create and use a reserve of rolling stock.

The reorganization of the passenger transport system is associated with restructuring of a complex of public relations [3, 26]. When making calculations in the process of transport planning, the attention should be given to justification of the suggested method of valuation of time spent by passengers according to different transport solutions. The valuation allows you to set the travel time as the most important indicator of the quality of transport services and the cost of the project. The work [27] contains a description of domestic and foreign experience in determining valuation and discusses the methodological basis for substantiating this normative indicator for transport planning purposes.

Conclusion. The analysis shows the methodological advisability to develop a guide on transport planning, which would set forth methods of solving problems of routing and technological organization of passenger transportation on regular routes of urban motor and urban electric transport that are adapted to new requirements. The guide should include the possibility of using modern software for modeling mobility and passenger transportation, as well as information obtained from georeferencing tools and the use of IT solutions.

The principal requirements for the future guide are:

- using the concept of sustainable development of transport systems and facilities;
- ensuring transport accessibility of various territories and objects visited by potential passengers;
- integration of urban planning, transport, environmental, social and other types of legislation in order to fulfill the regulatory requirements governing specified indicators of the quality of passenger transport service;
- implementation of capacity of modern «smart cities»;
- application of technical innovations in the field of transport engineering;
- an integrated approach to the use of the advantages of different modes of transport based on the concept of logistics of passenger traffic.

To implement transport planning, it is necessary to create a system for monitoring information necessary for organizing regular passenger transportation, as well as to improve staff qualifications, modernize the content of the educational process at specialized universities, and the syllabus of training programs for the employees of the industry.

REFERENCES

1. Federal Law «On organization of regular transportation of passengers and baggage by road and urban land electric transport in the Russian Federation and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» No. 220-FZ of July 13, 2015 (subject to amendment and supplement) [*Federalniy zakon «Ob organizatsii regul'yarnykh perezovok passazhirov i bagazha avtomobilnym transportom i gorodskim nazemnym elektricheskim transportom v Rossiiskoi Federatsii i o vnesenn izmenenii v otdelnie zakonodatelnie akty Rossiiskoi Federatsii» ot 13.07.2015 No. 220-FZ (s uchetom izm. i dop.)*].
2. Spirin, I. V. Urban bus transportation: Handbook [*Gorodskie avtobusnie perezovki: Spravochnik*]. Moscow, Transport publ., 1991, 278 p.
3. Spirin, I. V. Scientific bases for comprehensive restructuring of urban passenger transport: Monograph [*Nauchnie osnovy kompleksnoi restrukturalizatsii gorodskogo passazhirskogo transporta: Monografiya*]. Moscow, Katalog publ., 2007, 200 p.
4. Spirin, I. V. Organization and management of passenger road transport: Textbook [*Organizatsiya i upravlenie passazhirskimi avtomobilnymi perezovkami: Uchebnik*]. 9th ed., rev. and enl. Moscow, Academia publ., 2015, 400 p.
5. Kyiv NIIP of town planning of Gosgrazhdanstroi; CNIIP of urban planning of Gosgrazhdanstroi; BelNIIP of urban planning of Gosstroi BSSR. «Recommendations for development of integrated transport schemes for large cities» [*KievNIIP gradostroitelstva Grazhdanstroya; TsNIIP gradostroitelstva Granzhdanstroya; BelNIIP gradostroitelstva Gosstroya BSSR. «Rekomendatsii po razrabotke kompleksnykh transportnykh skhem dlya krupnykh gorodov»*]. Moscow, Stroizdat publ., 1983, 121 p.

6. Starinkevich, A. K., Oleynikov, E. S. Transport in planning and construction of cities (methods of survey and design work) [*Transport v planirovke i zastroike gorodov (metodika izyskatelnykh i proektnykh rabot)*]. Kiev, Publishing house «Budivelnik», 1965, 116 p.
7. Ovechnikov, E. V., Fishelson, M. S. Urban transport: Textbook [*Gorodskoi transport: Uchebnik*]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 1976, 352 p.
8. Fishelson, M. S., Transport planning of cities: Study guide [*Transportnaya planirovka gorodov: Ucheb. posobie*]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 1980, 296 p.
9. Simpson, B. J. Planning and Public Transport in Great Britain, France and West Germany. Harlow, Essex, England: Longman Scientific & Technical, 1987, 181 p.
10. Asaliyev, A. M., Zavyalova, N. B., Saginova, O. V., Spirin, I. V., Skorobogatykh, I. I. [et al.]. Marketing approach to managing the quality of transport service: Monograph [*Marketingoviy podhod k upravleniyu kachestvom transportnogo obsluzhivaniya: Monografiya*]. Ed. by N. B. Zavyalova, O. V. Saginova, I. V. Spirin. Novosibirsk, TsRNS Publishing House, 2016, 172 p.
11. Blatnov, M. D. Passenger road transportation: A textbook for motor technical schools [*Passazhirskie avtomobilnye perevozki: Uchebnik dlya avtotransportnykh tekhnikumov*]. 3rd ed., rev. and enl. Moscow, Transport publ., 1981, 222 p.
12. Guidelines for preparation of rational schemes of bus routes in cities [*Rukovodstvo po sostavleniyu ratsionalnykh skhem avtobusnykh marshrutov v gorodakh*]. Minavtotrans RSFSR. NIIAT. Moscow, 1984, 49 p.
13. Antoshvili, M. E., Varelupulo, G. A., Khrushchev, M. V. Organization of urban bus transportation using mathematical methods and computers [*Organizatsiya gorodskikh avtobusnykh perevozok s primeneniem matematicheskikh metodov i EVM*]. Moscow, Transport publ., 1974, 104 p.
14. Khrushchev, M. V. Methods of general and local routing of bus transport in cities: Monograph [*Metody obschei i lokalnoi marshrutizatsii avtobusnogo transporta v gorodakh: Monografiya*]. Moscow, GUU, 1999, 168 p.
15. Zablotsky, G. A. Methods for calculating passenger and transport flows in cities [*Metody rascheta potokov passazhirov i transporta v gorodakh*]. State Committee on Civil Engineering and Architecture under the USSR State Construction Committee. CNTI on civil engineering and architecture. Moscow, 1968, 91 p.
16. Zengbush, M. V., Belinsky, A. Yu., Dynkin, A. G. Passenger flows in cities [*Passazhiropotoki v gorodakh*]. Ed. by M. S. Fishelson. Moscow, Transport, 1974, 136 p.
17. Spirin, I. V. Passenger transportation by urban transport: a reference guide [*Perevozki passazhirov gorodskim transportom: Spravochnoe posobie*]. Moscow, IKC Akademkniga, 2006, 413 p.
18. Order of Minavtotrans of RSFSR of December 31, 1981 No. 200 «On approval of rules for organizing passenger transportation by road transport» [*Prikaz Minavtotrans RSFSR ot 31 dekabrya 1981 g. No. 200 «Ob utverzhdenii pravil organizatsii passazhirskikh perevozok na avtomobilnom transporte»*].
19. SNiP 2.07.01-89 «Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements» [*SNiP 2.07.01-89 «Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i selskikh poselenii»*]. Moscow, 1994.
20. Minavtotrans RSFSR. Guidelines for organization of passenger transportation in road transport (approved by the Ministry of Motor Transport of RSFSR 18.06.1968) [*Minavtotrans RSFSR. «Rukovodstvo po organizatsii passazhirskikh perevozok na avtomobilnom transporte» (utv. Minavtotrans RSFSR 18.06.1968)*]. Moscow, Minavtotrans RSFSR, 1970, 194 p.
21. Mun, E. E., Moskvichev, E. S., Spirin, I. V., Fayzulin, A. S. Guide to rationing mobility of passengers of urban transport: A manual for employees of transport organizations and state statistics bodies [*Rukovodstvo po normirovaniyu podvizhnosti passazhirov gorodskogo transporta: Metodicheskoe posobie dlya rabotnikov organizatsii transporta i organov gosudarstvennoi statistiki*]. Moscow, Katalog publ., 2005, 128 p.
22. Minavtotrans RSFSR. Order No. AB-14/1969 of 01.11.1979 «On implementation of guidelines for distribution of buses by urban routes with the help of computers» [*Minavtotrans RSFSR. Prikaz № AB-14/1969 ot 01.11.1979 «O vnedrenii Metodicheskikh ukazanii po raspredeleniyu avtobusov na gorodskikh marshrutakh s pomoshchyu EVM»*]. Moscow, Minavtotrans RSFSR, 1980, 29 p.
23. Minavtotrans RSFSR; NIIAT. Guidelines for scheduling buses on urban routes (approved by the Ministry of Motor Transport of RSFSR 07.07.1982) [*Minavtotrans RSFSR; NIIAT. «Metodicheskie rekomendatsii po sostavleniyu raspisaniy dvizheniya avtobusov na gorodskikh marshrutakh» (utv. Minavtotrans RSFSR 07.07.1982)*]. Moscow, Minavtotrans RSFSR, 1984, 109 p.
24. Loginov, V. N. Improving the performance of buses on urban routes based on optimization of speed forms and modes of communication: Monograph [*Povyshenie effektivnosti raboty avtobusov na gorodskikh marshrutakh na osnove optimizatsii skorostnykh form i rezhimov soobshcheniya: Monografiya*]. Moscow, GUU, 1998, 156 p.
25. Guidelines for organization of semi-express (rapid) bus routes in cities [*Metodicheskie ukazaniya po organizatsii poluekspresnykh (skorostnykh) avtobusnykh marshrutov v gorodakh*]. Minavtotrans RSFSR. Leningrad branch of NIIAT, 1972, 15 p.
26. Kusakin, A. S., Spirin, I. V. Methods of state regulation of urban passenger transport: Monograph [*Metody gosudarstvennogo regulirovaniya gorodskogo passazhirskogo transporta: Monografiya*]. Moscow, Academic Center «Unified Transport Systems», 1999, 57 p.
27. Spirin, I. V. Theoretical bases of accounting and valuation of time spent on transport traveling: Monograph [*Teoreticheskie osnovy ucheta i stoimostnoi otsenki zatrat vrmeni na transportnie peredvizheniya: Monografiya*]. Moscow, Katalog publ., 2006, 112 p.
28. SP 42.13330.2011 «Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements. Updated version of SNiP 2.07.01-89 (as amended)». Entered into force from 20.05.2011. Approved by order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of 28.12.2010 No. 820. Official publication [*SP 42.13330.2011 «Gradostroitelstvo. Planirovka i zastroika gorodskikh i selskikh poselenii. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.07.01-89 (s popravkoi)». Vveden v deystvie s 20.05.2011. Utv. prikazom Ministerstva regionalnogo razvitiya Rossiiskoi Federatsii ot 28.12.2010 No. 820. Ofitsialnoe izdanie*]. Moscow, Ministry of Regional Development of Russia, 2011, 109 p. ●

Information about the authors:

Spirin, Iosif V. – D.Sc. (Eng), professor, senior researcher of OJSC NIIAT (Scientific and Research Institute of Motor transport), Moscow, Russia, ivspirin@yandex.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.

Antonova, Valeria V. – undergraduate student of Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia, Antonova.valeria.v@gmail.com.

Article received 23.10.2018, accepted 12.11.2018.





Семантическое сетевое моделирование



Александр ПОПОВ
Alexander P. POPOV

Татьяна ПОПОВА
Tatiana A. POPOVA



Попов Александр Петрович — кандидат технических наук, доцент Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Попова Татьяна Александровна — старший преподаватель Российского технологического университета (МИРЭА), Москва, Россия.

Semantic Network Modeling
(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 42)

Предложена методика формирования и систематизации информации предметной области автоматизированных систем технической подготовки производства, создана сетевая семантическая модель базы знаний машиностроительного предприятия с учётом всех возможных операций. Для решения задачи интеграции автоматизированного конструирования, управления технологическими и организационно-экономическими процессами используется концепция локализованных поверхностей, которые являются основными элементами информационной структуры предприятия и сочетают в себе пять видов связей: свойств материалов, размерных, временных, информационных и экономических.

Ключевые слова: семантическое моделирование, систематизация информации, технологическая подготовка производства, задачи интеграции, проблемная среда, сеть, граф, автоматизированная система.

Методы представления знаний, основанные на аппарате семантических сетей, состоят в том, чтобы рассматривать проблемную среду как совокупность объектов (сущностей) и связей (отношений) между ними.

В фундаменте семантических моделей лежит понятие сети, образованной помеченными вершинами и дугами. Наложив ограничения на описание вершин и дуг, можно получить сети различного вида. Если вершины не имеют собственной внутренней структуры, то соответствующие сети называют простыми. Если вершины обладают некоторой структурой, то такие сети считают иерархическими. На начальном этапе разработки интеллектуальных систем фигурировали только простые сети, сейчас в большинстве приложений, использующих семантические сети, они являются иерархическими [1, с. 23].

На примере семантической сети общего вида можно установить различие между базой данных и базой знаний. Предметная область есть множество допустимых состояний своих компонентов. Представление через общие понятия

и отношения между ними, будучи множеством, образует базу знаний – в виде интенциональной семантической сети. Эти вопросы затрагивались в [2–5]. С другой стороны, в зависимости от ситуации компоненты предметной области будут иметь свои значения, свойства, характеристики. Все конкретные сведения о предметной области отражаются в так называемой экстенциональной семантической сети или базе данных сетевой структуры [6, с. 54].

Формально семантическую сетевую модель (ССМ) определим в виде мультиграфа:

$$SSM = (X, H, R),$$

где X – множество вершин мультиграфа; R – множество связей между вершинами, при этом между произвольными вершинами $(X_i, X_j) \in X$ может быть определено более одной связи $R_{ij}^1, R_{ij}^2, \dots \in R$; H – трёхмерный предикат, демонстрирующий связность вершин мультиграфа.

Семантическая сеть может быть представлена в виде ориентированного мультиграфа с помеченными вершинами и дугами. Вершинами мультиграфа являются некоторые понятия предметной области, а дугами – семантические отношения между ними [7, с. 50]. В подобных графах метки вершин и дуг определяют термины и предикаты, заданные на объектах предметной области. Всё множество вершин семантической сети делится на два основных типа: понятия и свойства. Понятия характеризуют некоторые объекты, явления и процессы предметной области. Свойства служат для уточнения понятий.

Вся информация, систематизированная с помощью карт анализа, о всех локализованных поверхностях (ЛП) основного и вспомогательного производства предприятия загружается в память компьютера и является основой для формирования базы данных ЛП. Структура базы позволяет осуществлять поиск практически по любому полю, любому реквизиту, составляющему содержание карты анализа конструкторско-технологической документации.

Создание и применение математических моделей описывается в ряде работ [8–12].

Рассмотрим процесс формирования семантической сетевой модели представления знаний. Согласно методике формирования и систематизации информации [13–14] о предметной области технической подготовки производства (ТПП) выделим следующие классы объектов и их свойств.

Множество объектов ССМ может пополняться новыми элементами, представленное выше подмножество отражает лишь основные объекты [15, с. 124; 16, с. 40; 19, с. 535].

Семантическая сетевая модель определяет как классы понятий (уровень обобщённого представления знаний), так и факты (уровень конкретного представления знаний).

На множестве семантических отношений можно выделить классы отношений, различающиеся по типу участвующих в них элементов [17, с. 86; 18, с. 244].

1. Изделие.

$$N_1 := IZ$$

$$O_1 := \left(IZ, \{S_1^j\} \right)$$

$$S_1^1 := \langle \text{номер изделия} \rangle$$

$$S_1^2 := \langle \text{код ОКП} \rangle$$

$$S_1^3 := \langle \text{вес} \rangle$$

$$S_1^j := \langle \dots \rangle$$

2. Сборочная единица.

$$N_2 := SE$$

$$O_2 := \left(SE, \{S_2^j\} \right)$$

$$S_2^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{номер сборочной} \\ \text{единицы} \end{array} \right\rangle$$

$$S_2^2 := \langle \text{код ОКП} \rangle$$

$$S_2^3 := \langle \text{вес} \rangle$$

$$S_2^j := \langle \dots \rangle$$





3. Деталь.

$$N_3 := DE$$

$$O_3 := \left(DE, \{S_3^j\} \right)$$

$$S_3^1 := \langle \text{номер детали} \rangle$$

$$S_3^2 := \langle \text{код ОКП} \rangle$$

$$S_3^3 := \langle \text{вес} \rangle$$

$$S_3^j := \langle \dots \rangle$$

4. Локализованная поверхность.

$$N_4 := LP$$

$$O_4 := \left(LP, \{S_4^j\} \right)$$

$$S_4^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{номер} \\ \text{локализованной} \\ \text{поверхности} \end{array} \right\rangle$$

$$S_4^2 := \left\langle \begin{array}{l} \text{код особого} \\ \text{расположения} \end{array} \right\rangle$$

$$S_4^3 := \langle \text{количество} \rangle$$

$$S_4^j := \langle \dots \rangle$$

5. Композиционная модель изделия.

$$N_5 := MI$$

$$O_5 := \left(MI, \{S_5^j\} \right)$$

$$S_5^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{код композиционной} \\ \text{модели изделия} \end{array} \right\rangle$$

$$S_5^j := \langle \dots \rangle$$

6. Композиционная модель сборочной единицы.

$$N_6 := MS$$

$$O_6 := \left(MS, \{S_6^j\} \right)$$

$$S_6^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{код композиционной} \\ \text{модели сборочной} \\ \text{единицы} \end{array} \right\rangle$$

$$S_6^j := \langle \dots \rangle$$

7. Композиционная модель детали.

$$N_7 := MD$$

$$O_7 := \left(MD, \{S_7^j\} \right)$$

$$S_7^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{код} \\ \text{композиционной} \\ \text{модели детали} \end{array} \right\rangle$$

$$S_7^j := \langle \dots \rangle$$

8. Модель локализованной поверхности.

$$N_8 := MP$$

$$O_8 := \left(MP, \{S_8^j\} \right)$$

$$S_8^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{код локализованной} \\ \text{поверхности} \end{array} \right\rangle$$

$$S_8^j := \langle \dots \rangle$$

9. Технологический процесс.

$$N_9 := TP$$

$$O_9 := \left(TP, \{S_9^j\} \right)$$

$$S_9^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{номер} \\ \text{технологического} \\ \text{процесса} \end{array} \right\rangle$$

$$S_9^j := \langle \dots \rangle$$

10. Маршрут обработки локализованной поверхности.

$$N_{13} := MA$$

$$O_{13} := \left(MA, \{S_{13}^j\} \right)$$

$$S_{13}^1 := \left\langle \begin{array}{l} \text{маршрут обработки} \\ \text{локализованной} \\ \text{поверхности} \end{array} \right\rangle$$

$$S_{13}^j := \langle \dots \rangle$$

11...



ВЫВОДЫ

1. На машиностроительном (в том числе и транспортном) предприятии следует иметь модель объектов проектирования для наиболее оптимальной разработки автоматизированной системы технической подготовки производства (АСТПП). Кроме того, данная система должна включать функции управления ТПП.

2. Создаваемые модели призваны наиболее точно описывать процессы ТПП и отвечать требованиям различных подсистем АСТПП, быть универсальными.

3. Информационная модель предметной области ТПП опирается на современные способы представления знаний. Требованиям ТПП в наибольшей степени отвечают методы, основанные на аппарате семантических сетей и концепции локализованных поверхностей.

4. Построение информационного обеспечения АСТПП должно предполагать интеграцию хранения данных и знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каптелина Е. А. Повышение эффективности технической подготовки инструментального производства на основе учёта влияния свойств поверхностей деталей. — М.: Станкин, 2004. — 23 с.
2. Куликов Д. Д., Митрофанов С. П. Перспективы развития САПР технологических процессов // Известия вузов. Приборостроение. — 2000. — № 1–2. — С. 126–131.
3. Попов А. П., Попова Т. А. Оптимизация технологических процессов // Мир транспорта. — 2015. — № 5. — С. 16–25.
4. Попов А. П., Попова Т. А. Преемственность при проектировании комплекса технических средств // Мир транспорта. — 2014. — № 5. — С. 124–129.
5. Капитанов А. В., Феофанов А. Н., Попов А. П. Архитектура интегрированных автоматизированных производственных систем // Технология машиностроения. — 2014. — № 4. — С. 63–67.
6. Каптелина Е. А. Формирование семантической сетевой модели базы знаний АСТПП //

Сборник трудов ИКТИ РАН. — М.: Янус-К, 2004. — С. 53–57.

7. Митрофанов В. Г., Омельченко И. С., Сироткин О. С. Информационно-технологическая среда машиностроительного производства — модели представления знаний // Проблемы машиностроения и автоматизации. — 2014. — № 4. — С. 48–53.

8. Масагин В. Б. Математическое моделирование технологических процессов механической обработки: Методические указания. — Омск: ОмГТУ, 2001. — 30 с.

9. Капитанов А. В., Омельченко И. С., Попов А. П., Сироткин О. С. Сетевые математические модели в оптимизации АСУ машиностроительным предприятием // Проблемы машиностроения и автоматизации. — 2014. — № 1. — С. 53–56.

10. Шрейдер Ю. А. Системы и модели. — М.: Наука, 1982. — 152 с.

11. Цветков В. Д. Многоуровневый синтез структурных моделей технологических процессов обработки деталей в автоматизированных системах проектирования / Дис... док. техн. наук. — Минск, 1979. — 420 с.

12. Челищев Б. Е. О теоретических основах моделирования автоматизации процессов проектирования // Вопросы теории автоматизации технологического проектирования: Сборник трудов НИИАТ. — М., 1980. — С. 21–33.

13. Рачков М. Ю. Технические средства автоматизации: Учеб. пособие. — 2-е изд., стереотип. — М.: МГИУ, 2009. — 185 с.

14. Крижановский А. А., Смирнов А. В. Подход к автоматизированному построению общецелевой лексической онтологии на основе данных Викисловаря // Известия РАН. Теория и системы управления. — 2013. — № 2. — С. 53–63.

15. Селевцов Л. И., Селевцов А. Л. Автоматизация технологических процессов: Учебник. — 3-е изд., стереотип. — М.: Академия, 2014. — 352 с.

16. Рийвес Ю. Э. Специализированная система автоматизированного проектирования маршрутно-операционных технологических процессов // Автоматизированные и современные технологии. — 1992. — № 9. — С. 39–41.

17. Митрофанов В. Г., Капитанов А. В., Попов А. П. Проектирование автоматизированных машиностроительных производств: Монография. — Тольятти: Оникс, 2013. — 282 с.

18. Popov A. P. Design of automatic control systems for machine tools // Russian Engineering Research. — 2014. — № 4. — pp. 243–245.

19. Dobránský J., Baron P., Vojnová E., Mandulák D. Optimization of the production and logistics processes based on computer simulation tools // Key engineering materials. — 2016. — Т. 669. — pp. 532–540. ●

Координаты авторов: **Попов А. П.** — pap60@bk.ru, **Попова Т. А.** — tatiana241187@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 18.09.2018, принята к публикации 29.10.2018.



SEMANTIC NETWORK MODELING

Popov, Alexander P., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Popova, Tatiana A., Russian Technological University (MIREA), Moscow, Russia.

ABSTRACT

A method of developing of information systematization of the subject domain of automated systems for technical preparation of production is proposed. A network semantic model of the knowledge base of a machine-building enterprise is formed taking into account all possible operations.

Keywords: semantic modeling, systematization of information, technological preparation of production, integration tasks, problem environment, network, graph, automated system.

Background. Methods of knowledge representation, based on the apparatus of semantic networks, are to consider the problem environment as a set of objects (entities) and relations (relationships) between them.

Semantic models are based on the concept of a network formed by labeled vertices and arcs. By imposing restrictions on the description of vertices and arcs, it is possible to get networks of various types. If the vertices do not have their own internal structure, then the corresponding networks are called simple. If the vertices have a certain structure, then such networks are considered hierarchical. At the initial stage of development of intelligent systems, only simple networks appeared; now, in most applications using semantic networks, they are hierarchical [1, p. 23].

Using the general semantic network as an example, one can distinguish between a database and a knowledge base. The subject area is the set of admissible states of its components. Representation through general concepts and relations between them, being a set, forms a knowledge base – in the form of an intensional semantic network. These issues were addressed in [2–5]. On the other hand, depending on the situation, the components of the subject domain will have their values, properties, characteristics. All specific information about the subject domain is reflected in the so-called extensional semantic network or database network structure [6, p. 54].

Formally, we define the semantic network model (SNM) as a multigraph:

$SNM = (X, H, R)$,

where X – set of vertices of the multigraph;

R – set of connections between vertices, and more than one connection $R_{ij}^1, R_{ij}^2, \dots \in R$ can be defined between arbitrary vertices $(X_i, X_j) \in X$;

H – three-dimensional predicate showing connectedness of vertices of the multigraph.

A semantic network can be represented as an oriented multigraph with labeled vertices and arcs. The vertices of the multigraph are some concepts of the subject domain, and the arcs are the semantic relations between them [7, p. 50]. In such graphs, the labels of vertices and arcs define terms and predicates defined on the objects of the subject domain. The whole set of vertices of the semantic network is divided into two main types: concepts and properties. Concepts characterize some objects, phenomena and processes of the subject domain. Properties are used to clarify the concepts.

To solve the problem of integrating computer-aided design, managing technological and organizational-economic processes, the concept of localized surfaces is used, which are the main elements of the information structure of an enterprise and combine five types of relationships: material, dimensional, temporal, informational and economic properties.

All information, systematized with the help of analysis maps, about all localized surfaces (LP) of the main and auxiliary production of the enterprise is loaded into the computer memory and is the basis for formation of the LP database. The database structure allows you to search for virtually any field, any requisite, which is the content of the analysis map design and technological documentation.

The creation and application of mathematical models is described in a number of works [8–12].

Objective. The objective of the authors is to consider the process of semantic network modeling of technological preparation of production.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach, IT methods, semantic tools.

Results. Let's consider the process of developing of a semantic network model of knowledge representation. According to the method of formation and systematization of information [13–14] within the subject domain of the technical preparation of production (TPP) we select the following classes of objects and their properties.

1. Product.

$$N_1 := IZ$$

$$O_1 := (IZ, \{S_1^j\})$$

$$S_1^1 := \langle \text{product number} \rangle$$

$$S_1^2 := \langle \text{OKP (Russian classifier of production) code} \rangle$$

$$S_1^3 := \langle \text{weight} \rangle$$

$$S_1^j := \langle \dots \rangle$$

2. Assembly unit.

$$N_2 := SE$$

$$O_2 := (SE, \{S_2^j\})$$

$$S_2^1 := \langle \text{assembly unit number} \rangle$$

$$S_2^2 := \langle \text{OKP code} \rangle$$

$$S_2^3 := \langle \text{weight} \rangle$$

$$S_2^j := \langle \dots \rangle$$

3. Component.

$$N_3 := DE$$

$$O_3 := (DE, \{S_3^j\})$$

$$S_3^1 := \langle \text{component number} \rangle$$

$$S_3^2 := \langle \text{OKP code} \rangle$$

$$S_3^3 := \langle \text{weight} \rangle$$

$$S_3^j := \langle \dots \rangle$$

4. Localized surface.

$$N_4 := LP$$

$$O_4 := (LP, \{S_4^j\})$$

$$S_4^1 := \langle \text{localized surface number} \rangle$$

$$S_4^2 := \langle \text{special location number} \rangle$$

$$S_4^3 := \langle \text{quantity} \rangle$$

$$S_4^j := \langle \dots \rangle$$

5. Compositional model of the product.

$$N_5 := MI$$

$$O_5 := (MI, \{S_5^j\})$$

$$S_5^1 := \langle \text{code of the compositional} \rangle$$

$$S_5^j := \langle \dots \rangle$$

6. Compositional model of the assembly unit.

$$N_6 := MS$$

$$O_6 := (MS, \{S_6^j\})$$

$$S_6^1 := \langle \text{code of the compositional} \rangle$$

$$S_6^j := \langle \dots \rangle$$

7. Compositional model of the component.

$$N_7 := MD$$

$$O_7 := (MD, \{S_7^j\})$$

$$S_7^1 := \langle \text{code of the compositional} \rangle$$

$$S_7^j := \langle \dots \rangle$$

8. Model of the localized surface.

$$N_8 := MP$$

$$O_8 := (MP, \{S_8^j\})$$

$$S_8^1 := \langle \text{code of the} \rangle$$

$$S_8^j := \langle \dots \rangle$$

9. Technological process.

$$N_9 := TP$$

$$O_9 := (TP, \{S_9^j\})$$

$$S_9^1 := \langle \text{number of the} \rangle$$

$$S_9^j := \langle \dots \rangle$$

10. Route of processing of the localized surface.

$$N_{13} := MA$$

$$O_{13} := (MA, \{S_{13}^j\})$$

$$S_{13}^1 := \langle \text{route of processing} \rangle$$

$$S_{13}^j := \langle \dots \rangle$$

11...

The set of SNM objects can be supplemented with new elements, the subset presented above reflects only the main objects [15, p. 124; 16, p. 40; 19, p. 535].

The semantic network model defines both classes of concepts (the level of the generalized knowledge representation) and facts (the level of the particular knowledge representation).

On the set of semantic relations, we can distinguish classes of relations that differ in the type of elements involved in them [17, p. 86; 18, p. 244].

Conclusions.

1. At a machine-building (including transport) enterprise, one should have a model of design objects for the most optimal development of an automated technical production preparation system (ASTPP). In addition, this system should include the management functions of TPP.

2. The created models are designed to most accurately describe the processes of TPP and meet

the requirements of various ASTPP subsystems, to be universal.

3. The information model of the subject domain of TPP is based on modern methods of knowledge representation. The requirements of TPP are best met by methods based on the apparatus of semantic networks and the concept of localized surfaces.

4. Building information support for ASTPP should involve the integration of storage of data and knowledge.

REFERENCES

1. Kaptelinina, E. A. Improving the efficiency of technical preparation of tool production based on the influence of surface properties of parts [Povyshenie effektivnosti tekhnicheskoi podgotovki instrumentalnogo proizvodstva na osnove ucheta vliyaniya sboistv poverkhnostei detalei]. Moscow, Stankin publ., 2004, 23 p.





2. Kulikov, D. D., Mitrofanov, S. P. Prospects for development of CAD of technological processes [Perspektivy razvitiya SAPR tekhnologicheskikh protsessov]. *Izvestiya vuzov. Priborostroyeniye*, 2000, Iss. 1–2, pp. 126–131.
3. Popov, A. P., Popova, T. A. Optimization of Technological Processes. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 5, pp. 16–25.
4. Popov, A. P., Popova, T. A. Continuity in the Design of a Complex of Technical Means. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 5, pp. 124–129.
5. Kapitanov, A. V., Feofanov, A. N., Popov, A. P. Architecture of integrated automated production systems [Arkhitektura integrirovannykh avtomatizirovannykh proizvodstvennykh sistem]. *Tekhnologiya mashinostroyeniya*, 2014, Iss. 4, pp. 63–67.
6. Kaptelinina, E. A. Formation of the semantic network model of the ASTPP knowledge base [Formirovaniye semanticheskoi setevoi modeli bazy znaniy ASTPP]. *Collection of works of ICTI RAS*. Moscow, Janus-K publ., 2004, pp. 53–57.
7. Mitrofanov, V. G., Omelchenko, I. S., Sirotkin, O. S. Informational-technological environment of machine-building production – models of knowledge representation [Informatsionno-tekhnologicheskaya sreda mashinostroyitel'nogo proizvodstva – modeli predstavleniya znaniy]. *Problemy mashinostroyeniya i avtomatizatsii*, 2014, Iss. 4, pp. 48–53.
8. Masyagin, V. B. Mathematical modeling of technological processes of machining: Guidelines [Matematicheskoe modelirovaniye tekhnologicheskikh protsessov mekhanicheskoi obrabotki: Metodicheskie ukazaniya]. Omsk, OmGTU publ., 2001, 30 p.
9. Kapitanov, A. V., Omelchenko, I. S., Popov, A. P., Sirotkin, O. S. Network mathematical models in optimization of the automated control system of a machine-building enterprise [Setevyye matematicheskie modeli v optimizatsii ASU mashinostroyitel'nym predpriyatiem]. *Problemy mashinostroyeniya i avtomatizatsii*, 2014, Iss. 1, pp. 53–56.
10. Shreider, Yu. A. Systems and models [Sistemy i modeli]. Moscow, Nauka publ., 1982, 152 p.
11. Tsvetkov, V. D. Multilevel synthesis of structural models of technological processes for machining parts in computer-aided design systems. D.Sc. (Eng) thesis [Mnogourovnevnyy sintez strukturnykh modelei tekhnologicheskikh protsessov obrabotki detalei v avtomatizirovannykh sistemakh proektirovaniya. Dis... dok. tekh. nauk]. Minsk, 1979, 420 p.
12. Chelischev, B. E. About theoretical foundations of modeling of automation of design processes [O teoreticheskikh osnovakh modelirovaniya avtomatizatsii protsessov proektirovaniya]. *Questions of the theory of automation of technological design: Collection of works of NIAT*. Moscow, 1980, pp. 21–33.
13. Rachkov, M. Yu. Technical automation equipment: Study guide [Tekhnicheskoye sredstvo avtomatizatsii: Ucheb. posobie]. 2nd ed., ster. Moscow, MGIIU, 2009, 185 p.
14. Krizhanovsky, A. A., Smirnov, A. V. Approach to automated construction of general-purpose lexical ontology based on Wiktionary data [Podhod k avtomatizirovannomu postroyeniyu obshcheselevoi leksicheskoi ontologii na osnove dannykh Wiktionary]. *Izvestia RAN. Theory and control systems*, 2013, Iss. 2, pp. 53–63.
15. Selevtsov, L. I., Selevtsov, A. L. Automation of technological processes: Textbook [Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh protsessov: Uchebnik]. 3rd ed., ster. Moscow, Academia publ., 2014, 352 p.
16. Ruyves, Yu. E. Specialized computer-aided design of route-operating technological processes [Spetsializirovannaya sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya marshrutno-operatsionnykh tekhnologicheskikh protsessov]. *Avtomatizirovaniye i sovremennyye tekhnologii*, 1992, Iss. 9, pp. 39–41.
17. Mitrofanov, V. G., Kapitanov, A. V., Popov, A. P. Design of automated machine-building industries: Monograph [Proektirovaniye avtomatizirovannykh mashinostroyitel'nykh proizvodstv]. Tolyatti, Onyx publ., 2013, 282 p.
18. Popov, A. P. Design of automatic control systems for machine tools. *Russian Engineering Research*, 2014, Iss. 4, pp. 243–245.
19. Dobránský, J., Baron, P., Vojnová, E., Mandul'ák, D. Optimization of the production and logistics processes based on computer simulation tools. *Key engineering materials*, 2016, Vol. 669, pp. 532–540. ●

Information about the authors:

Popov, Alexander P. – Ph.D. (Eng), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, pap60@bk.ru.

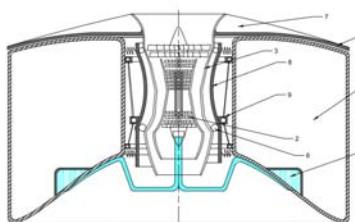
Popova, Tatiana A. – senior lecturer of Russian Technological University (MIREA), Moscow, Russia, tatiana241187@gmail.com.

Article received 18.09.2018, accepted 29.10.2018.



ВЕРТИКАЛЬ ВЗЛЁТА 46

*«Торнадо» поднимает
аппарат.*



ПУТЕПРОВОД 58

*Несущие конструкции
обречены жить по расчёту.*

ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ 70

*Моторные и немоторные –
все прочные и просторные.*

ЦИФРОВАЯ СВЯЗЬ 90

*Когерентный детектор:
барьер помехам.*

VERTICAL TAKE-OFF 46

«Tornado» lifts the aircraft.

OVERPASS 58

*Load-carrying structures are
bound to live by computation.*

ROLLING STOCK 70

*Either motor or non-motor,
the coaches are solid
and spacious.*



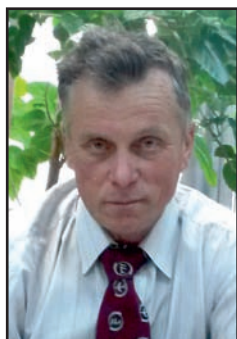
DIGITAL COMMUNICATION 90

*Coherent detector helps
to resist to interference.*



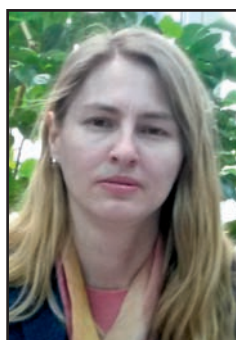


Аппараты вертикального взлёта с реактивно-вихревыми генераторами подъёмной силы



Николай ОСТРОУХОВ
Nikolai N. OSTROUKHOV

Екатерина ЧУМАКОВА
Ekaterina V. CHUMAKOVA



**Vertical Take-off Devices
with Jet-Vortex Lift Generators**
(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 53)

Представлено расчётно-теоретическое обоснование возможности реализации качественно новой конструктивной схемы летательного аппарата (ЛА) вертикального взлёта, в котором подъёмная сила инициируется одиночным вихрем над ЛА и вследствие этого перепадом статического давления под и над аппаратом. Проанализированы решения о вихревых течениях воздуха, генерируемых вращающимся диском, и вихрей типа «торнадо», возникающих в атмосфере. Предложены компоновочные схемы аппаратов вертикального взлёта двух типов – с вихревыми и реактивно-вихревыми генераторами подъёмной силы. В обеих схемах предполагается использовать устанавливаемые вертикально бироторные приводные двигатели, в которых вращаются и ротор, и статор, но во взаимно противоположных направлениях.

Ключевые слова: летательные аппараты, вертикальный взлёт, вихревые течения в газах, вихри типа «торнадо», способы генерации вихрей, бироторные турбореактивные двигатели, подъёмная сила.

*Остроухов Николай Николаевич – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры теоретической электротехники Московского авиационного института (национальный исследовательский университет) (МАИ), Москва, Россия.
Чумакова Екатерина Витальевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры компьютерной математики МАИ, Москва, Россия.*

Цель исследования – оценка (анализ) возможности реализации конструктивных схем летательных аппаратов вертикального взлёта, отличных от единственно используемой в практике – вертолётной, когда подъёмная сила создаётся несущим винтом [1, с. 23].

Актуальность темы объясняется, по меньшей мере, двумя причинами:

- во-первых, схема коптера с несущим винтом, по сути, исключает существенные изменения массогабаритных характеристик аппарата по сравнению с традиционной вертолётной схемой: в частности параметр ωl (ω – угловая скорость вращения винта, l – длина лопасти винта) не может превышать скорости звука в воздухе [2, с. 866];
- во-вторых, из механики сплошных сред [3, с. 295–298] известно наличие в природных условиях сравнительно устойчивых вихревых течений, в том числе одиночных изолированных типа «торнадо» [4, с. 49–51], в которых (во всём объёме вихря) реализуется пониженное статическое давление ($\Delta p = 1/2 \rho v^2$).

При искусственной генерации подобного вихря над ЛА перепад давления под и над аппаратом должен приводить к возникновению подъёмной силы, увеличи-

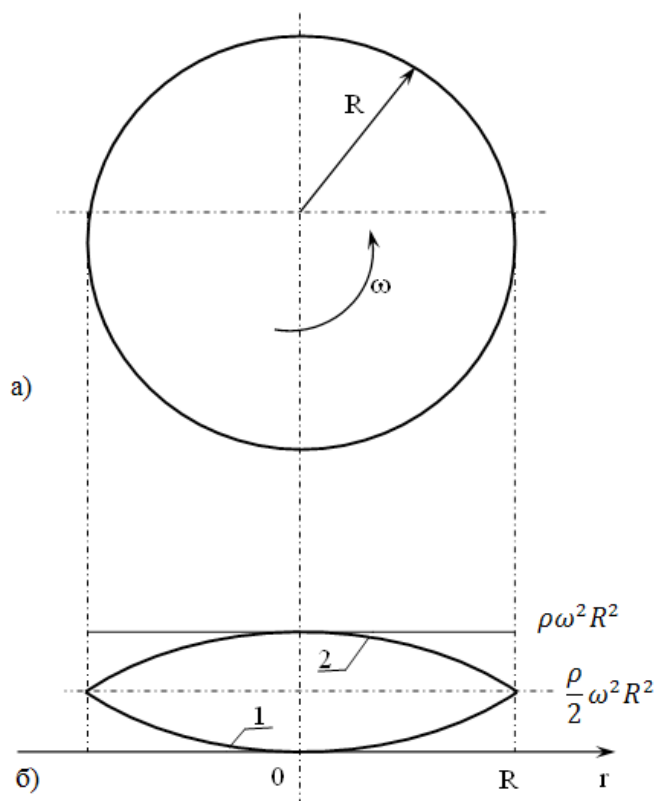


Рис. 1. Иллюстрация к задачам о вихревых течениях: а) диск радиуса R , вращающийся с угловой скоростью ω , б) распределение перепада статического давления по радиусу (1 – на поверхности вращающегося диска, 2 – в вихре типа «торнадо»).

вающейся с ростом размеров вихря и скорости воздуха в нём. То есть генератор одиночного вихря, локализованный над ЛА, представляется перспективным для условий вертикального взлёта. При этом реализация самой идеи сводится в основном к проблеме генерации устойчивого локального вихря, по масштабам сравнимого с размером верхней оболочки ЛА.

1. ТЕЧЕНИЕ ГАЗА, УВЛЕКАЕМОГО ВРАЩАЮЩИМСЯ ДИСКОМ

В научной литературе [5, с. 97–100] дано аналитическое решение задачи о течении газа, увлекаемого вращающимся диском. Схематическая иллюстрация задачи представлена на рис. 1.

Диск радиусом R и толщиной $t \ll R$ вращается с угловой скоростью ω (рад/с). Вследствие вязкости диск увлекает в движение прилегающие слои газа, так что в обоих полупространствах, разделённых диском, формируются два трёхмерных течения с отличными от нуля (в цилиндрических координатах) компонентами ско-

рости – радиальной v_r , круговой v_ϕ и осевой v_z и граничными условиями:

- на поверхности диска $z = 0$, $v_\phi = \omega r$, остальные 0;
- на бесконечности $z = \infty$, $v_z = v_r = v_\phi = 0$.

В указанных научных источниках численно решается система уравнений Навье–Стокса для компонент скорости v_z , v_r , v_ϕ и статического давления p .

Граничные условия на поверхности диска позволяют оценить верхнюю границу подъёмной силы, создаваемой вихрем, а именно – статическое давление в точках окружности радиусом r по уравнению Бернулли:

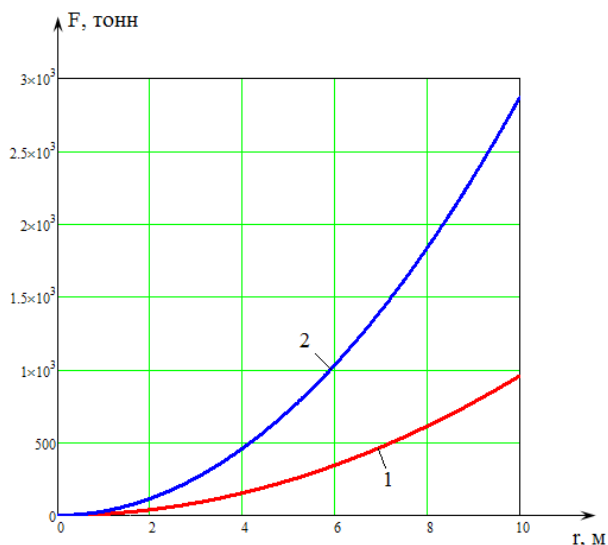
$$p = p_0 - \frac{\rho}{2} v^2 = p_0 - \frac{\rho}{2} \omega^2 r^2,$$

$$\text{так что } \Delta p = p_0 - p = \frac{\rho}{2} \omega^2 r^2,$$

где p_0 – полное давление (покоя).

Если вихрь создаётся лишь с одной стороны диска, то суммарная сила, обусловленная перепадом статического давления между поверхностями диска:

Рис. 2. Зависимость верхней границы подъёмной силы от радиуса диска
(1 – верхняя граница подъёмной силы при инициировании вихря вращающимся диском, 2 – вихревая составляющая подъёмной силы, инициируемой вихрем типа «торнадо»).



$$F = \int_0^R \Delta p(r) ds = \pi \rho \int_0^R \omega^2 r^3 dr = \frac{\pi \rho \omega^2}{4} R^4, \quad (1)$$

где $ds = 2\pi r dr$ – кольцевой элемент площади.

При реализации линейная скорость на периферии диска не должна превышать скорости звука, т.е. $\omega R \leq v_{\text{звук}} \cong 300 \text{ м/с}$, и в этом случае:

$$F_{\text{max}} = \frac{\pi \rho v_{\text{за}}^2}{4} R^2. \quad (2)$$

На рис. 2 показана зависимость верхней границы F от радиуса R , рассчитанной по (2). Верхняя граница подъёмной силы, генерируемой диском над ЛА, по меньшей мере не уступает подъёмной силе несущего винта вертолётов традиционной компоновки сравнимых размеров. Одно это обстоятельство оправдывает проводимый анализ, особенно с учётом того, что вихрь, создаваемый вращающимся диском, является простейшим из известных.

Чисто вращательное движение воздуха с окружной скоростью $v_\phi = \omega r$ и равенством нулю радиальной и аксиальной компонент ($v_z = v_r = 0$) реализуется только на поверхности вращающегося диска. По мере удаления от поверхности окружная компонента быстро убывает, а две другие составляющие становятся отличными от нуля, но небольшими по абсолютным значениям. Характерным размером, на котором происходит существенное изменение скорости, является толщина пограничного слоя

$$\delta = \sqrt{\frac{\nu}{\omega}} \quad [6], \text{ где } \nu \text{ – коэффициент кинематической вязкости воздуха, } \omega \text{ – угловая скорость вращения диска, при } \omega \cong 10 \text{ рад/с} \text{ – } \delta \cong 1\text{--}1,5 \text{ мм.}$$

Из решений, приведённых в [5, с. 97–100; 6, с. 111–113], следует, что уже на расстояниях в 3–5 толщин пограничного слоя скорость воздуха меньше окружных скоростей соответствующих точек диска в несколько раз, так что уменьшение статического давления становится пренебрежимо малым.

Вращающийся диск инициирует вращение газа с обеих сторон (плоскостей), а значит, в случае изолированного диска никакого перепада давления на нём самом не возникает.

Два описанных обстоятельства существенно осложняют техническую реализацию генератора (создание) подъёмной силы только вращающимся диском.

В модели, схема которой представлена на рис. 3, простейшим способом решения названных проблем может стать минимизация зазора между диском и корпусом ЛА. При уменьшении этого зазора до толщины пограничного слоя перепада статического давления на самом диске не будет, но разрежение над диском, а потому и над ЛА сохранится. Причём подъёмная сила будет возникать вследствие перепада давления под и над аппаратом.

Идеальным, предельным случаем уменьшения зазора является вариант, при

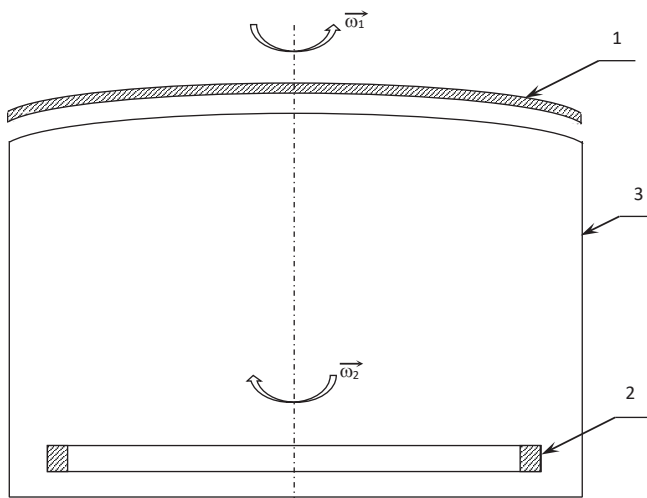


Рис. 3. Модель устройства с дисковым генератором вихря над верхней поверхностью (1 – корпус устройства, 2 – диск-генератор вихря, 3 – маховик-компенсатор кинетического момента).

котором диск вращается вплотную к верхнему днищу корпуса ДА. Однако решение задачи об устранении перепада давления на самом диске порождает не менее сложную инженерную проблему минимизации трения между диском и корпусом ЛА.

На рис. 3 представлена схема модельного устройства, реализующего вихревое течение, создаваемое диском, вращающимся над корпусом устройства. Модель позволяет имитировать различные режимы вращения диска, варьировать зазор между диском и верхней оболочкой корпуса и допускает прямые измерения подъёмной силы, действующей на аппарат.

Модель имеет пустотелый герметичный корпус цилиндрической формы с плоским нижним и плоским или слабо выпуклым верхним днищами. Над верхним днищем установлен диск, радиальный профиль которого повторяет профиль днища. Приводной двигатель (не показанный на рисунке) смонтирован внутри корпуса, его ось вращения ориентирована по вертикали, и он является бироторным, ротор и статор двигателя вращаются во взаимно противоположных направлениях. Вращение одного из них передаётся на диск, второй служит компенсатором кинетического момента.

2. МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИРОТОРНЫЙ «ТОРНАДО»

Из рис. 1б видно, что в вихре типа «торнадо» снижение статического давления значительно больше, чем даже на поверх-

ности диска, имеющего одинаковую с вихрем угловую скорость. Поэтому использование «торнадо» для создания подъёмной силы представляется весьма перспективным.

В природе торнадо в средних широтах Земли инициируются локальным снижением атмосферного давления. Возникающие радиальные течения, направленные в зону пониженного давления под действием кориолисовой силы, закручиваются, и в результате формируется квазиустойчивый вихрь с выбросом воздуха через приосевую зону. При искусственной генерации и закрутке потока отбор воздуха из осевой области необходимо осуществлять принудительно. Для решения такой задачи нами предложена комбинация модифицированного турбореактивного двигателя (ТРД) и диска, приводимого во вращение наружной обечайкой ТРД.

На рис. 4 и 5 показаны два эскизных варианта ЛА с описанной схемой.

ЛА содержит корпус 1, выполненный в виде герметичной тонкостенной оболочки, имеющий форму прямоугольной призмы, ось которой ориентирована по вертикали.

Соосно корпусу установлен турбореактивный двигатель 2, общая длина которого от передней кромки воздухозаборника до среза сопла приблизительно равна длине (высоте) летального аппарата.

Внешняя обечайка 3 двумя рядами подшипников качения 6 закреплена или



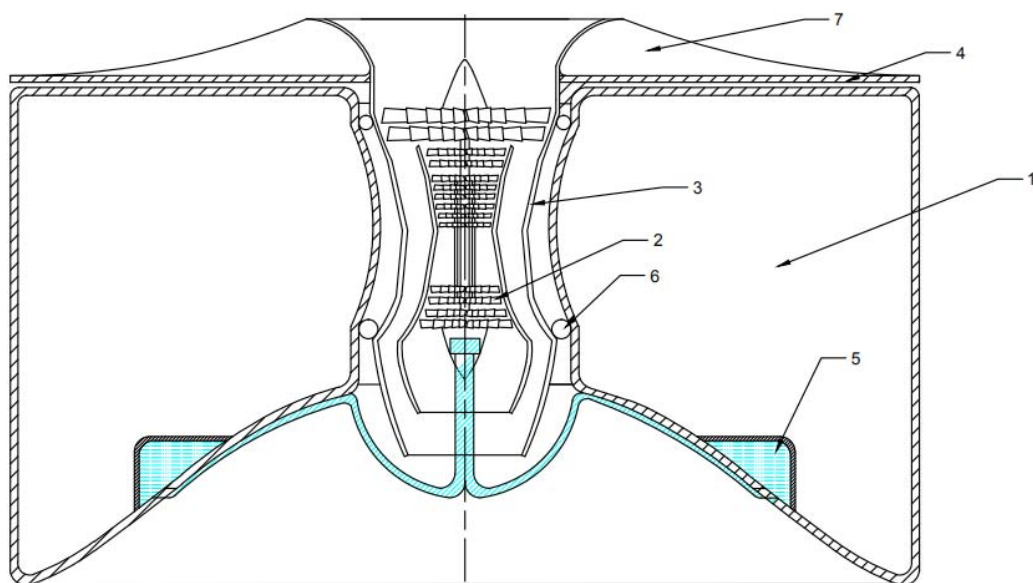


Рис. 4. Схема ЛА с фиксированным расположением диска (1 – корпус ЛА, 2 – ТРД, 3 – наружная обечайка, 4 – вращающийся диск, 5 – топливная ёмкость, 6 – подшипники, удерживающие обечайку, 7 – ребро жёсткости диска).

в корпусе ЛА (общий случай – рис. 4) или в гильзе 8 (рис. 5), которая в свою очередь закреплена в корпусе посредством шарнирно-стержневого узла 9 с возможностью отклонения ТРД от вертикального положения на угол до 15° во всех направлениях (азимутах).

Закрепление ТРД в корпусе ЛА или в гильзе двумя рядами подшипников, с одной стороны, жёстко фиксирует положение двигателя в осевом направлении, а с другой – обеспечивает возможность вращения обечайки вокруг общей продольной оси ТРД в направлении, противоположном вращению его ротора (вентилятора, компрессора и турбины).

На передней кромке внешней обечайки ТРД по периметру воздухозаборного устройства закреплены диск или пластина 4 малой кривизны выпуклостью вверх, являющиеся генератором одиночного вихря над всей поверхностью ЛА.

Толщина диска или пластины составляет 0,5–1 % их радиуса, она выбирается для обеспечения прочности при максимальной скорости вращения обечайки ТРД. Во избежание потери устойчивости, связанной с возможностью возникновения кольцевых упругих колебаний диска, его крепление к обечайке выполнено с использованием рёбер жёсткости 7.

Ширина зазора между нижней поверхностью диска (пластины) и верхней, эквидистантной ей, поверхностью корпуса ЛА не превышает половины толщины диска (пластины). Чем меньше ширина зазора, тем меньше вероятность возникновения в зазоре (за границей пограничных слоёв на диске и корпусе ЛА) течений, снижающих подъёмную силу. Оптимальным является монтаж устройства с минимальной шириной зазора, допускаемой технологией изготовления, в частности переменной по радиусу диска с минимумом вблизи оболочки ТРД.

При описываемой компоновке ЛА подача топлива в ТРД через блок сопл, установленных на наружной оболочке двигателя, невозможна. Сугубо теоретический вариант размещения топливной ёмкости и системы подачи топлива в самой вращающейся оболочке (соответствующей суммарной толщины) практически неприемлем, поскольку предполагает, во-первых, устройство полости значительного объёма в самой оболочке, а во-вторых, крайне нежелательное размещение самого топлива внутри быстро вращающегося тела, осложняющее впрыск топлива в направлении, противоположном действующей на него центробежной силы. Кроме того, масса топлива в обечайке увеличивает момент инерции системы

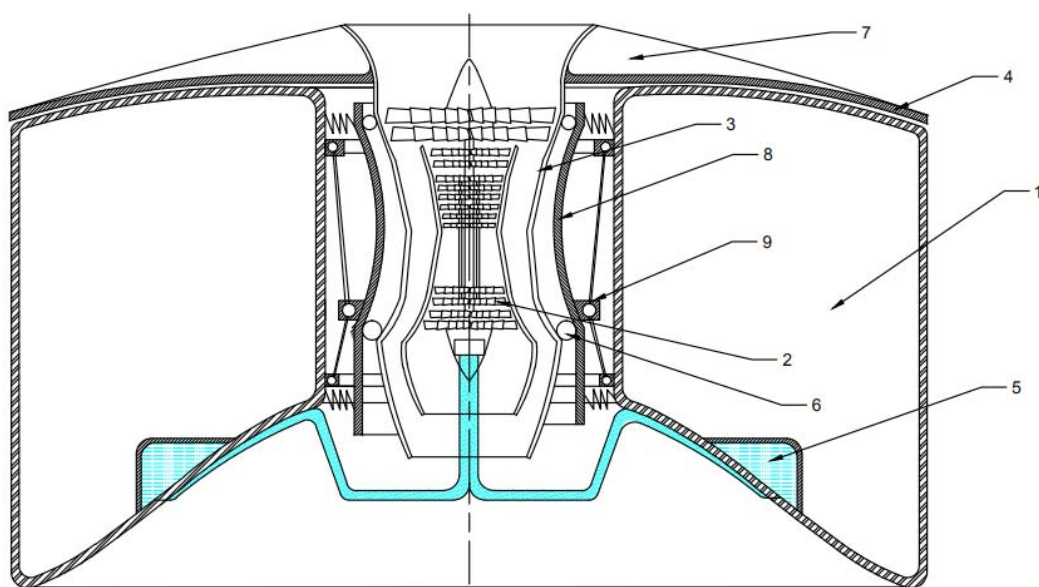


Рис. 5. Схема ЛА с поворотной пластиной (1 – корпус ЛА, 2 – ТРД, 3 – наружная обечайка, 4 – вращающийся диск, 5 – топливная ёмкость, 6 – подшипники, удерживающие обечайку, 7 – ребро жёсткости диска, 8 – качающаяся гильза, 9 – шарнирно-стержневое крепление гильзы).

«обечайка—диск» и соответственно уменьшает скорость вращения диска — один из важнейших параметров. В заявке на изобретение топливный бак 5 в форме тороидальной полости размещён на нижнем днище корпуса ЛА, а топливопроводы в виде нескольких трубок подведены к центральному валу ТРД.

Оптимизация компоновки лопастей вентилятора воздухозаборника и лопаток компрессора и турбины выполняется известными способами [7].

При подаче топлива через радиальные отверстия основного вала ТРД лопатки компрессора и турбины монтируются на внутренней поверхности обечайки, а лопасти вентилятора воздухозаборника (не участвующего в раскрутке ротора ТРД) предпочтительно монтировать на валу. В целом оптимальная компоновка лопаток компрессора и турбины, лопастей вентилятора выполняется не ради создания максимальной реактивной тяги ТРД, а с учётом максимальной скорости вращения обечайки (совместно с диском или пластиной) и максимального расхода воздуха через воздухозаборник.

ЛА функционирует следующим образом. При запуске ТРД его ротор, включающий основной вал с системой подачи топлива и вентилятором, и внешняя обечайка (формально статор) с лопатками

компрессора и турбины начинают вращаться во взаимно противоположных направлениях. Поток продуктов сгорания и воздуха из второго контура ТРД создаёт реактивную тягу, которая в ЛА является составляющей подъёмной силы.

Обечайка ТРД вращается в направлении, противоположном вращению ротора, и вращает жёстко соединённый с ней диск (пластину). Вращающийся диск, вследствие вязкости, увлекает воздух, в результате чего над ЛА возникает вихревое движение воздуха. Существенной особенностью этого движения является внешний по отношению к нему отсос воздуха из центральной (осевой) области, обусловленный воздухозабором ТРД. Есть основания считать, что радиальное распределение статического давления формирующегося над ЛА течения, близкого к вихрям типа «торнадо», описывается соотношением

$$p = p_0 - \rho \omega^2 R^2 + \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} \quad [3], \text{ что принципиально}$$

отлично от того же распределения над вращающимся диском без отбора газа из приосевой области и малых чисел Рей-

$$\text{нольдса } p = p_0 - \frac{\rho \omega^2}{2}.$$

Перепад статического давления над и под ЛА приводит к возникновению второй составляющей подъёмной силы:



$$F = \int \Delta p ds,$$

$$\text{где } \Delta p_{(2)} = \rho \omega^2 R^2 - \frac{\rho}{2} \omega^2 r^2,$$

так что подъёмная сила:

$$\begin{aligned} F &= \rho \omega^2 \int_0^R R^2 2\pi r dr - \frac{\rho \omega^2}{2} \int_0^R 2\pi r^3 dr = \\ &= \pi \rho \omega^2 R^4 - \frac{\pi \rho \omega^2}{4} R^4 = \frac{3}{4} \pi \rho \omega^2 R^4. \end{aligned} \quad (3)$$

Принимая, как и ранее, $\omega R_{\max} = v_{\text{звук}}$, имеем $F = \frac{3}{4} \pi \rho v_{\text{зв}}^2 R^2$, что в три раза больше

верхней границы подъёмной силы, инициируемой вращающимся диском. Зависимость этой составляющей подъёмной силы (без учёта реактивной составляющей) представлена на рис. 2 (кривая 2). Для расчёта можно использовать соотношение $F \cong 21R^2$, где F в тоннах.

По оценкам эта составляющая подъёмной силы, по крайней мере, на два порядка больше подъёмной силы, обусловленной реактивной тягой ТРД.

ВЫВОДЫ

1. Выполнено расчётно-техническое обоснование возможности реализации ЛА вертикального взлёта конструктивной схемы, принципиально отличной от традиционной вертолётной, а именно – аппарата, в котором подъёмная сила возникает как следствие искусственно создаваемого над аппаратом одиночного вихря; обоснование включает:

- сравнительный анализ параметров двух вихревых течений – формируемого вращающимся диском и вихря типа «торнадо»;
- расчёт подъёмной силы при создании над ЛА вихря типа «торнадо» и верхней границы подъёмной силы, возникающей при создании над ЛА вихря вращающимся диском.

2. Разработана принципиальная схема модели ЛА, в котором вихрь создаётся вращающимся диском, причём в качестве приводного может использоваться бироторный двигатель любого типа (при том,

что у него ротор и статор вращаются во взаимно противоположных направлениях). Использование бироторного двигателя снимает проблему компенсации кинетического момента. Показано, что расчётная верхняя граница подъёмной силы ЛА с вращающимся диском в качестве генератора вихря, по меньшей мере, не уступает подъёмной силе вертолётов традиционной компоновки сравнимых размеров.

3. Предложен эмпирический вариант комплексного решения задачи создания над ЛА вихря типа «торнадо» (с минимумом давления в центре). В качестве приводного в таком ЛА используется модифицированный бироторный турбореактивный двигатель, в котором на передней кромке наружной обечайки, выполненной с возможностью вращения относительно корпуса ЛА, закреплён диск, инициирующий вихрь, причём воздухозаборник турбореактивного двигателя, отбирая воздух с оси вихря, понижает давление в центре.

4. При ограничении максимальной окружной скорости на периферии вихря скоростью звука ($v_{\text{звук}} \cong 300$ м/с) для двух рассмотренных вариантов получены расчётные формулы максимальной подъёмной силы в тоннах: $F_{\max} \cong 7R^2$ – для верхней границы подъёмной силы с вихрем, инициируемым вращающимся диском, и $F_{\max} \cong 21R^2$ – для реактивно-вихревого двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривцов В. С., Карпов Я. С., Лосев Л. И. Проектирование вертолётов. – Харьков: Национальный аэрокосмический университет, 2003. – 344 с.
2. Джонсон У. Теория вертолёта: Пер. с англ. – Т. 2. – М.: Мир, 1983. – 1020 с.
3. Седов Л. И. Механика сплошной среды. – Т. 2. – М.: Наука, 1970. – 568 с.
4. Политов В. С. Аналитическая модель смерча (торнадо) // Труды V Забалахинских научных чтений. – Снежинск, 1998. – С. 46–54.
5. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1969. – 744 с.
6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика: Учеб. пособие: В 10 т. – Т. VI: Гидродинамика. – 5-е изд., испр. – М.: Физматлит, 2003. – 736 с.
7. Бакулев В. И., Голубев В. А. и др. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. – Изд. 3-е. – М.: МАИ-Сатурн, 2003. – 688 с. ●

Координаты авторов: **Остроухов Н. Н.** – vtnukde@mail.ru, **Чумакова Е. В.** – ekat.v.ch@rambler.ru.

Статья поступила в редакцию 24.09.2018, принята к публикации 03.11.2018.

VERTICAL TAKE-OFF DEVICES WITH JET-VORTEX LIFT GENERATORS

Ostroukhov, Nikolai N., Moscow Aviation Institute (National Research University) (MAI), Moscow, Russia.
Chumakova, Ekaterina V., Moscow Aviation Institute (National Research University) (MAI), Moscow, Russia.

ABSTRACT

A theoretical and calculational substantiation of a possibility of implementing a qualitatively new design scheme of an aircraft of vertical take-off, in which the lifting force is initiated by a single vortex, artificially created over the aircraft, and the resulting static pressure drop above and below the device is presented. Decisions on vortex flows generated by

a rotating disk and tornado-like vortices arising in the atmosphere are analyzed. Layout schemes of an apparatus for vertical take-off of two types are proposed – with vortex and jet-vortex lift generators. In both schemes, it is supposed to use vertically mounted bi-rotor drive motors, in which both the rotor and the stator rotate, but in mutually opposite directions.

Keywords: aircraft, vertical take-off, vortex flows in gases, tornado-type vortices, methods of generating vortices, bi-rotor turbojet engines, lifting force.

Background. The purpose of the study is to evaluate (analyze) the possibility of implementing design schemes for the aircraft of vertical take-off that differ from the helicopter design, the only one used in practice, when the lifting force is generated by a rotor [1, p. 23].

The relevance of the topic is due to at least two reasons:

- firstly, the design of a drone aircraft with a rotor, in essence, eliminates significant changes in the mass and size characteristics of the device compared to the traditional helicopter scheme: in particular, the parameter ωl (ω – angular velocity of rotation of the propeller, l – length of the propeller blade) cannot exceed the sound speed in the air [2, p. 866];
- secondly, from the mechanics of continuous media [3, pp. 295–298] it is known that in natural conditions there are relatively stable vortex currents, including single isolated currents of «tornado» type [4, pp. 49–51], in which (throughout the volume of the vortex), reduced static pressure ($\Delta p = 1/2 \rho v^2$) is realized.

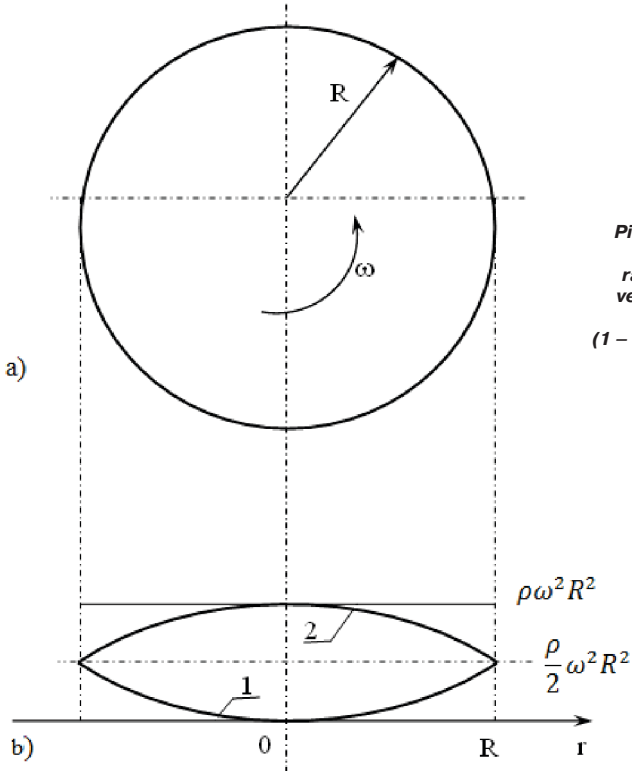
When artificial generation of such a vortex above the aircraft takes place, the pressure drop under and above the apparatus should lead to the emergence of the lifting force, which increases with the size of the vortex and the air speed in it. That is, a single vortex generator, localized above the aircraft, is promising for vertical take-off conditions. In this case, realization of the idea itself is basically reduced to the problem of generating a stable local vortex, which is comparable in scale with the size of the upper shell of the aircraft.

Objective. The objective of the authors is to consider vertical take-off devices with jet-vortex lift generators.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, mathematical and physics methods.

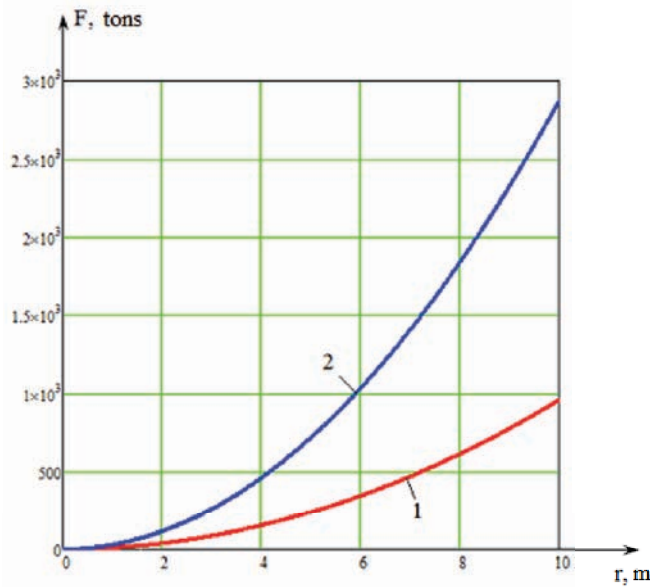
Results.

1. The flow of gas carried by a rotating disk
In the scientific literature [5, pp. 97–100], an analytical solution is given to the problem of the flow



Pic. 1. Illustration to the problems of vortex currents: a) a disk of radius R rotating with an angular velocity ω , b) distribution of static pressure drop over the radius (1 – on the surface of the rotating disk, 2 – in a tornado-type vortex).





Pic. 2. The dependence of the upper limit of the lifting force on the radius of the disk (1 – the upper limit of the lifting force during the initiation of a vortex by a rotating disk, 2 – the vortex component of the lifting force, initiated by a tornado vortex).

of gas carried by a rotating disk. A schematic illustration of the task is presented in Pic. 1.

A disk of radius R and thickness $t \ll R$ rotates at an angular velocity of ω (rad/s). Due to viscosity, the disk entrains motion of adjacent gas layers, so that in both half-spaces separated by a disk, two three-dimensional flows with non-zero (in cylindrical coordinates) velocity components – radial v_r , circular v_ϕ and axial v_z and boundary conditions – are formed:

- on the disk surface $z = 0$, $v_\phi = \omega r$, the rest are 0;
- at infinity $z = \infty$, $v_z = v_r = v_\phi = 0$.

In the above mentioned scientific sources, the Navier–Stokes equations for the velocity components v_z , v_r , v_ϕ and static pressure p are numerically solved.

The boundary conditions on the disk surface allow us to estimate the upper limit of the lifting force created by the vortex, namely, the static pressure at the points of a circle of radius r according to the Bernoulli equation:

$$p = p_0 - \frac{\rho}{2} v^2 = p_0 - \frac{\rho}{2} \omega^2 r^2,$$

$$\text{so that, } \Delta p = p_0 - p = \frac{\rho}{2} \omega^2 r^2,$$

where p_0 – total pressure (rest).

If a vortex is created only on one side of the disk, then the total force due to the differential static pressure between the surfaces of the disk is:

$$F = \int_0^R \Delta p(r) ds = \pi \rho \int_0^R \omega^2 r^3 dr = \frac{\pi \rho \omega^2}{4} R^4, \quad (1)$$

where $ds = 2\pi r dr$ – ring element of the area.

When implemented, the linear velocity at the periphery of the disk should not exceed the speed of sound, i.e. $\omega R \leq v_{\text{sound}} \approx 300$ m/s, and in this case

$$F_{\text{max}} = \frac{\pi \rho v_{\text{sound}}^2}{4} R^2. \quad (2)$$

Pic. 2 shows the dependence of the upper boundary F on the radius R , calculated from (2). The upper limit of the lifting force generated by the disk above the aircraft is at least not inferior to the lifting force of the rotor of the

helicopters of the traditional layout of a comparable size. This circumstance alone justifies the analysis performed, especially since the vortex created by the rotating disk is the simplest known.

The purely rotational movement of air with a peripheral velocity $v_\phi = \omega r$ and the zero radial and axial components ($v_z = v_r = 0$) is realized only on the surface of the rotating disk. As the distance from the surface increases, the circumferential component rapidly decreases, and the other two components become non-zero, but small in absolute values. The characteristic size at which a significant change in velocity occurs is the thickness of the boundary layer

$$\delta = \sqrt{\frac{\nu}{\omega}} \quad [6], \text{ where } \nu - \text{coefficient of kinematic}$$

viscosity of air, ω – angular velocity of rotation of the disk, with $\omega \approx 10$ rad/s – $\delta \approx 1-1.5$ mm.

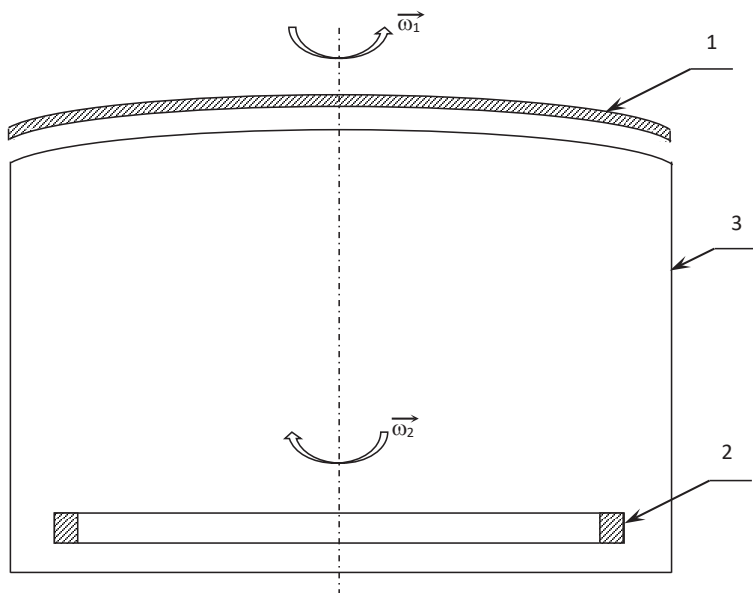
It follows from the solutions given in [5, pp. 97–100; 6, pp. 111–113] that even at distances of 3–5 thicknesses of the boundary layer, the air velocity is several times lower than the peripheral velocities of the corresponding points of the disk, so that the decrease in static pressure becomes negligible.

A rotating disk initiates rotation of gas on both sides (planes), which means that in the case of an isolated disk, no pressure differential occurs on it.

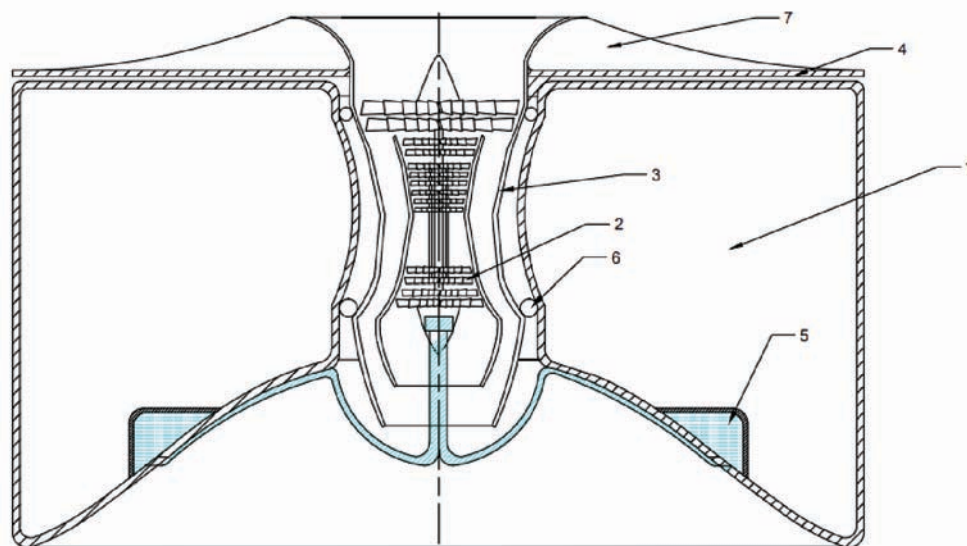
Two circumstances described significantly complicate the technical implementation of the generator (creation) of lifting force only by a rotating disk.

In the model, the scheme of which is shown in Pic. 3, the simplest way to solve these problems is to minimize the gap between the disk and the body of the aircraft. When reducing this gap to thickness of the boundary layer, there will be no static pressure drop on the disk itself, but the vacuum over the disk, and therefore over the aircraft, will remain. Moreover, the lifting force will occur due to the pressure drop under and above the apparatus.

The ideal limiting case of reducing the gap is the option in which the disk rotates close to the upper



Pic. 3. Model of the device with a vortex disk generator over the top surface (1 – device body, 2 – vortex generator disk, 3 – kinetic moment flywheel-compensator).



Pic. 4. Aircraft layout with a fixed disk arrangement (1 – aircraft body, 2 – turbojet engine, 3 – outer shell, 4 – rotating disk, 5 – fuel capacity, 6 – bearings holding the shell, 7 – edge of disk stiffness).

bottom of the body of the aircraft. However, the solution of the problem of eliminating the pressure drop on the disk itself generates a no less complex engineering problem of minimizing friction between the disk and the aircraft body.

Pic. 3 shows a scheme of a model device that implements a vortex flow created by a disk rotating above the device body. The model allows simulating various modes of disk rotation, varying the gap between the disk and the upper shell of the body and allows direct measurements of the lifting force acting on the device.

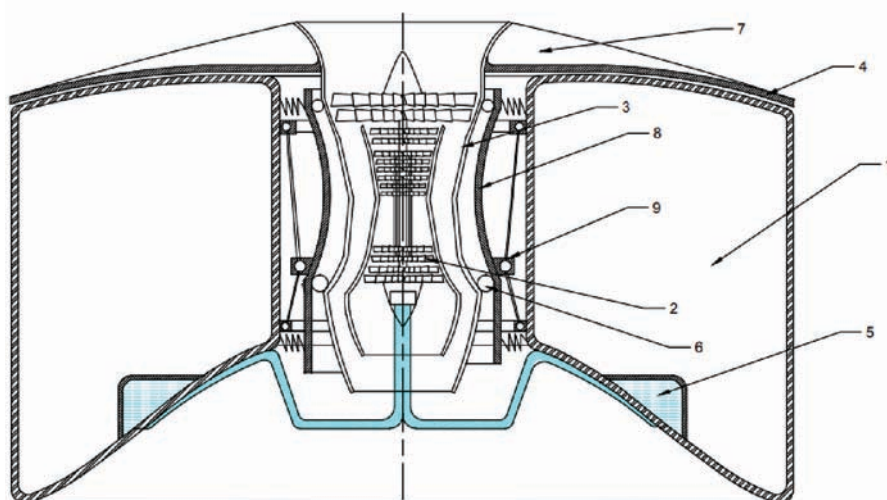
The model has a hollow hermetic cylindrical body with a flat bottom and flat or slightly convex upper bottoms. A disk is installed above the top

head, the radial profile of which repeats the bottom profile. The drive motor (not shown in the picture) is mounted inside the body, its axis of rotation is oriented vertically and it is bi-rotary, as the rotor and the motor stator rotate in opposite directions. The rotation of one of them is transmitted to the disk, the second serves as a compensator of the kinetic moment.

2. Modified bi-rotor «tornado»

From Pic. 1b, it can be seen that in a vortex of the «tornado» type, the decrease in static pressure is much greater than even on the surface of a disk that has the same angular velocity as the vortex. Therefore, the use of «tornado» to create lifting force seems very promising.





Pic. 5. Aircraft layout with swivel plate (1 – aircraft body, 2 – turbojet engine, 3 – outer shell, 4 – rotating disk, 5 – fuel capacity, 6 – bearings holding the shell, 7 – edge of disk stiffness, 8 – swinging sleeve, 9 – hinge-rod fastening sleeves).

In nature, tornadoes in the middle latitudes of the Earth are initiated by a local decrease in atmospheric pressure. The resulting radial currents directed into the zone of low pressure under the action of Coriolis force are twisted and as a result a quasi-stable vortex is formed with emission of air through the axial zone. In the case of artificial generation and twisting of the air, it is necessary to forcibly take air from the axial area. To solve this problem, we have proposed a combination of a modified turbojet engine (TJE) and a disk driven in rotation by the outer shell of TJE.

Pic. 4 and 5 show two draft variants of the aircraft with the described scheme.

The aircraft comprises a body 1, made in the form of a hermetic thin-walled shell, having the shape of a rectangular prism, whose axis is oriented vertically.

A turbojet engine 2, the total length of which from the leading edge of the air intake to the nozzle is approximately equal to the length (height) of the aircraft, is mounted coaxially to the body.

The outer shell 3 with two rows of rolling bearings 6 is fixed either in the aircraft body (general case – Pic. 4) or in the sleeve 8 (Pic. 5), which in turn is fixed in the body by means of a hinge-rod assembly 9 with the possibility of deviating TJE from the vertical positions at an angle of up to 15° in all directions (azimuths).

Fixing TJE in the aircraft body or in the sleeve with two rows of bearings, on the one hand, rigidly fixes the position of the engine in the axial direction, and on the other, provides the possibility of rotating the shell around the common longitudinal axis of TJE in the direction opposite to rotation of its rotor (fan, compressor and turbine).

On the leading edge of the outer shell of TJE along the perimeter of the air intake device a disk or plate 4 of small curvature with a bulge upward are fixed, which serve as a generator of a single vortex over the entire surface of the aircraft.

The thickness of the disk or plate is 0,5–1 % of their radius; it is chosen to ensure strength at the maximum speed of rotation of TJE shell. In order to avoid loss of stability associated with the possibility of annular elastic oscillations of the disk, its attachment to the shell is made using stiffeners 7.

The width of the gap between the lower surface of the disk (plate) and the upper, equidistant to it, surface of the aircraft body, does not exceed half the thickness of the disk (plate). The smaller is the width of the gap, the less likely is the occurrence of currents in the gap (beyond the boundary layers on the disk and the aircraft body), reducing the lifting force. Optimal option is installation of the device with a minimum width of the gap allowed by the manufacturing technology, in particular with the width that is variable along the radius of the disk with a minimum near the shell of TJE.

With the described layout of the aircraft fuel supply in TJE through the block of nozzles installed on the outer shell of the engine, is impossible. A purely theoretical version of placement of the fuel tank and the fuel supply system in the rotating shell itself (corresponding to the total thickness) is practically unacceptable, since it implies, firstly, construction of a cavity of significant volume in the shell itself, and secondly, the extremely undesirable placement of fuel itself in the rapidly rotating body, complicating fuel injection in the direction opposite to the centrifugal force acting on it. In addition, the mass of fuel in the shell increases the moment of inertia of the «shell-disk» system and, accordingly, reduces the speed of rotation of the disk which is one of the most important parameters. In the application for the invention, the fuel tank 5 in the form of a toroidal cavity is placed on the lower bottom of the aircraft body, and the fuel lines in the form of several tubes are led to the central shaft of TJE.

Optimization of the layout of the blades of the air intake fan and the blades of the compressor and turbine is performed by known methods [7].

When fuel is fed through the radial holes of the main shaft of TJE, the compressor blades and turbines are mounted on the inner surface of the shell, and the blades of the air intake fan (not involved in spinup of TJE rotor) are preferably mounted on the shaft. In general, the optimal layout of the compressor blades, turbine blades, and fan blades is performed not for the sake of creating the maximum jet propulsion of TJE, but taking into account the maximum rotational

speed of the shell (together with the disk or plate) and the maximum air flow through the air intake.

The aircraft operates as follows. When TJE is started, its rotor, including the main shaft with the fuel supply system and the fan, and the outer shell (formally the stator) with compressor and turbine blades start to rotate in mutually opposite directions. The flow of combustion products and air from the secondary circuit of TJE creates jet thrust, which in the aircraft is a component of the lifting force.

TJE shell rotates in the direction opposite to the rotor rotation and rotates the disk (plate) rigidly connected to it. The rotating disk, due to viscosity, entrains air, as a result a whirling movement of air occurs over the aircraft. An essential feature of this movement is the external exhaust of air from the central (axial) area, due to the air intake of TJE. There is reason to believe that the radial distribution of the static pressure of a tornado-type vortex above the aircraft is described by the relation

$$p = p_0 - \rho \omega^2 R^2 + \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} \quad [3],$$

which is fundamentally different from the same distribution over a rotating disk without gas from the axial region and small Reynolds numbers

$$p = p_0 - \frac{\rho \omega^2}{2}.$$

The differential static pressure above and below the aircraft leads to the emergence of the second component of the lifting force $F = \int \Delta p ds$, where

$$\Delta p_{(2)} = \rho \omega^2 R^2 - \frac{\rho}{2} \omega^2 r^2, \text{ so that the lifting force is:}$$

$$\begin{aligned} F &= \rho \omega^2 \int_0^R R^2 2\pi r dr - \frac{\rho \omega^2}{2} \int_0^R 2\pi r^3 dr = \\ &= \pi \rho \omega^2 R^4 - \frac{\pi \rho \omega^2}{4} R^4 = \frac{3}{4} \pi \rho \omega^2 R^4. \end{aligned} \quad (3)$$

Taking, as before, $\omega R_{\max} = v_{\text{sound}}$ we have

$$F = \frac{3}{4} \pi \rho v_{\text{sound}}^2 R^2,$$

that is three times the upper limit of the lifting force initiated by the rotating disk. The dependence of this component of the lifting force (excluding the reactive component) is shown in Pic. 2 (curve 2). For the calculation, it is possible to use the ratio $F \approx 21R^2$, where F is in tons.

This component of the lifting force is estimated to be at least two orders of magnitude greater than the lifting force due to jet propulsion of TJE.

Conclusions.

1. A calculational and technical substantiation has been made for implementation of an aircraft of vertical take-off of a structural scheme that is fundamentally different from a traditional helicopter, namely, an apparatus in which the lifting force arises as a result of a single vortex artificially created over the apparatus; the rationale includes:

- comparative analysis of the parameters of two vortex flows, formed by a rotating disk and a tornado vortex;

- calculation of the lifting force during creation of a tornado-type vortex above the aircraft and the upper limit of the lifting force arising when the rotating disk is created above the aircraft vortex.

2. A layout scheme of the aircraft model has been developed, in which a vortex is created by a rotating disk, with any type of bi-rotor engine used as a drive motor (despite the fact that its rotor and stator rotate in opposite directions). The use of a bi-rotor engine removes the problem of kinetic moment compensation. It is shown that the calculated upper limit of the lifting force of the aircraft with a rotating disk as a vortex generator, at least, is not inferior to the lifting force of helicopters of the traditional layout of comparable dimensions.

3. An empirical version of the complex solution of the task of creation of a tornado-type vortex (with minimum pressure in the center) over the aircraft is proposed. A modified bi-rotor turbojet engine is used as a drive in such an aircraft, in which a disk initiating a vortex is fixed on the front edge of the outer shell made rotatable relative to the aircraft body, and the air intake of the turbojet engine, by bleeding air from the vortex axis, lowers the pressure in the center.

4. When limiting the maximum peripheral speed at the periphery of the vortex at the speed of sound ($v_{\text{sound}} \approx 300$ m/s) for two considered options, the calculated formulas for the maximum lifting force in tons were obtained: $F_{\max} \approx 7R^2$ – for the upper limit of the lifting force with a vortex initiated by a rotating disk, and $F_{\max} \approx 21R^2$ – for a jet-vortex engine.

REFERENCES

1. Krivtsov, V. S., Karpov, Ya. S., Losev, L. I. Designing helicopters [Proektirovanie vertoletov]. Kharkov, National Aerospace University, 2003, 344 p.
2. Johnson, W. Helicopter theory [Teoriya vertoleta]. Vol. 2. Moscow, Mir publ., 1983, 1020 p.
3. Sedov, L. I. Mechanics of continuum [Mekhanika sploshnoi sredy]. Vol. 2. Moscow, Nauka publ., 1970, 568 p.
4. Politov, V. S. Analytical model of a tornado [Analiticheskaya model smercha (tornado)]. Proceedings of 5th Zababakhin scientific readings. Snezhinsk, 1998, pp. 46–54.
5. Schlichting, G. Theory of the boundary layer [Teoriya pogrannichnogo sloya]. Moscow, Nauka publ., 1969, 744 p.
6. Landau, L. D., Lifshits, E. M. Theoretical physics: Study guide: In 10 vol. Vol. 6: Hydrodynamics [Teoreticheskaya fizika: Ucheb. posobie: V 10 t. T. VI: Gidrodinamika]. 5th ed., rev. Moscow, Fizmatlit publ., 2003, 736 p.
7. Bakulev, V. I., Golubev, V. A. [et al]. Theory, design and design of aircraft engines and power plants [Teoriya, raschet i proektirovanie aviatsionnykh dvigatelei i energeticheskikh ustanovok]. 3rd ed. Moscow, MAI-Saturn publ., 2003, 688 p. ●

Information about the authors:

Ostroukhov, Nikolai N. – Ph.D. (Physics and Mathematics), senior lecturer, associate professor of the department of Theoretical Electrical Engineering of Moscow Aviation Institute (National Research University) (MAI), Moscow, Russia, vtvnukde@mail.ru.

Chumakova, Ekaterina V. – Ph.D. (Physics and Mathematics), associate professor of the department of Computer mathematics of Moscow Aviation Institute (National Research University) (MAI), Moscow, Russia, ekat.v.ch@rambler.ru.

Article received 24.09.2018, accepted 03.11.2018.





Расчёт напряжённо-деформированного состояния путепроводов



Иван БОНДАРЬ
Ivan S. BONDAR

Султан БУРОМБАЕВ
Sultan A. BUROMBAEV



Динара АЛДЕКЕЕВА
Dinara T. ALDEKEEVA

Бондарь Иван Сергеевич — старший преподаватель кафедры транспортного строительства Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан.

Буромбаев Султан Адам-баевич — начальник филиала Алматинской дистанции пути (ПЧ-46) АО «НК «Казахстанские железные дороги», Алматы, Казахстан.

Алдекеева Динара Танаибековна — кандидат технических наук, доцент кафедры естественно-научных дисциплин КазАТК им. М. Тынышпаева, Алматы, Казахстан.

Calculation of Stress-Strain State of Overpasses

(текст статьи на англ. яз. — English text of the article — p. 65)

В статье рассмотрены результаты расчётного анализа несущих конструкций путепроводов с однопутной железнодорожной линией. Полученные напряжённо-деформированные состояния в элементах железобетонных пролётных строений и промежуточных опор при заданных нагрузках с использованием пространственных конечно-элементных моделей позволяют провести их сравнение с нормируемым диапазоном нагрузок и уровнем реальной устойчивости и надёжности мостовых объектов. При этом возникает и потребность в мониторинге подобных состояний для поддержания жизнеспособности эксплуатируемых конструкций.

Ключевые слова: железная дорога, путепровод, балочные пролётные строения, расчёт, метод конечных элементов, напряжённо-деформированное состояние.

Создавая расчётную модель для анализа напряжённо-деформированного состояния несущих конструкций путепроводов, следует учитывать, что нормативная нагрузка в различных странах отличается.

В США до настоящего времени используется схема Купера, состоящая из пятиосного паровоза, четырёхосного тендера и равномерно распределённой вагонной нагрузки. Давление от оси на рельсы в этой схеме принято пропорционально некоторому постоянному коэффициенту. В 1922 году там проектировали мосты под нагрузку E10, в 1935 году — E72, а теперь проектируют под нагрузку E80.

Кроме США, модель Купера используют при проектировании мостов в Мексике и Австралии. Аналогичные схемы вертикальных нормативных нагрузок подвижного состава, состоящие из сосредоточенных грузов и равномерно распределённой вагонной нагрузки, применялись в Бельгии, Франции, Италии, Югославии, Мозамбике, Норвегии, Польше, Швейцарии [1, с. 117–120].

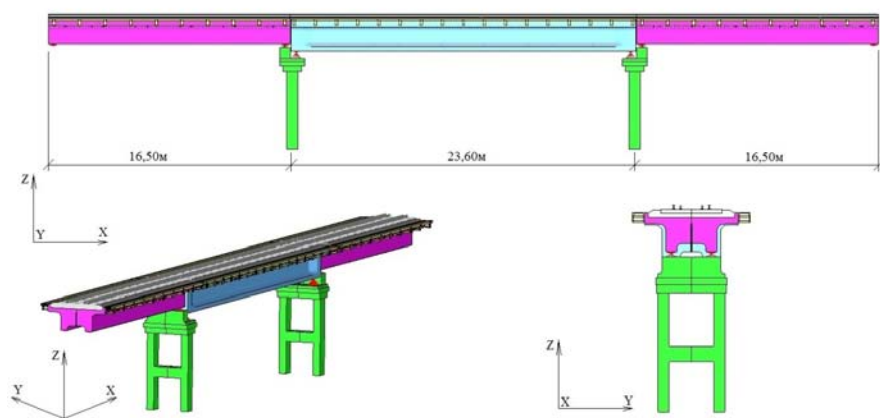


Рис. 1. Деформируемая конечно-элементная модель путепровода. Общий вид.

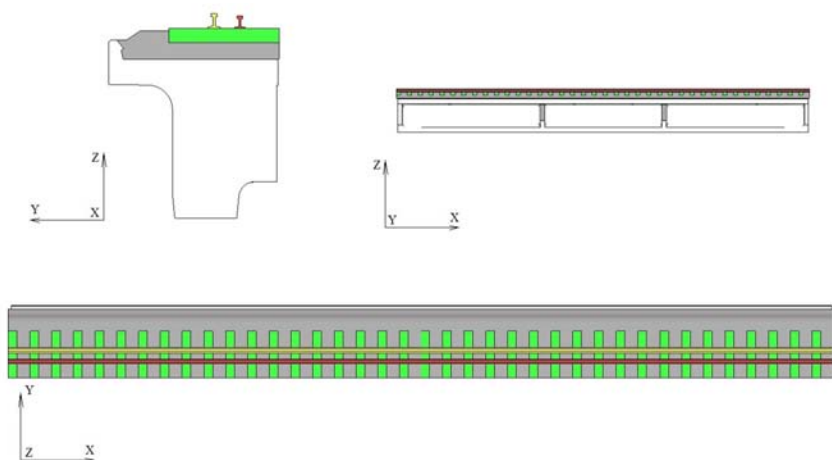


Рис. 2. Верхнее строение пути (пролётные строения 16,5 м и ВСП на них не показаны).

ОПИСАНИЕ РАСЧЁТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Расчётные модели для анализа напряжённо-деформированного состояния сооружения построены по данным, предоставленным в виде рабочей документации для путепровода на однопутной железнодорожной линии. Параметры путепровода 16,5 + 23,6 + 16,5 м. Общий вид расчётной деформируемой модели рассматриваемого сооружения представлен на рис. 1.

Модели железобетонных элементов несущих конструкций путепровода учитывают совместную работу армирующих элементов и бетонного заполнения [2, с. 222–224; 3, с. 53; 5, с. 54–55]. Бетонное заполнение блоков пролётных строений 16,5 м и 23,6 м, а также рам и тумб промежуточных опор путепровода заданы объёмными элементами. Армирующие элементы пролётных конструкций (каркасы, сетки,

пучки проволок для предварительного напряжения бетона) и строений промежуточных опор заданы стержневыми элементами и учитывают их пространственное расположение в бетонном заполнении.

ВЕРХНЕЕ СТРОЕНИЕ ПУТИ

Упруго-массовые характеристики балласта и рельсошпальной решётки (рельсы, контррельсы, шпалы) в расчётных моделях учтены путём их непосредственного задания объёмными элементами с соответствующими физико-механическими свойствами материалов (рис. 2). Сечение деревянной шпалы 180×250 мм (тип IA).

БОКОВЫЕ ТРОТУАРЫ

Упруго-массовые модели боковых тротуаров (металлические консоли, железобетонный настил) и перильного ограждения заданы упрощённо (рис. 3).

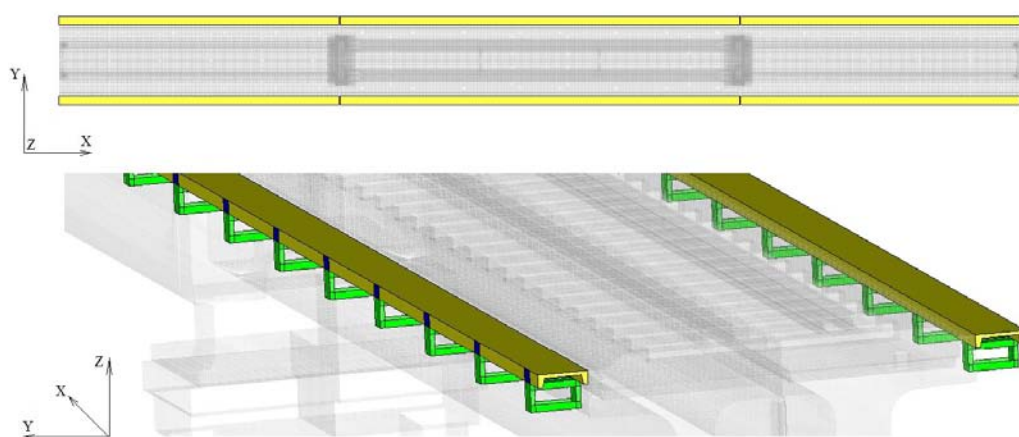


Рис. 3. Боковые тротуары и перильное ограждение.

ОПОРНЫЕ ЧАСТИ

Каждая опорная часть пролётного строения представлена упрощённо — объединением группы узлов бетона, примыкающих к окаймляющей коробке или опорному листу, в единое жёсткое тело. Массы опорных частей обозначены при помощи точечных элементов типа MASS.

Между жёстким телом тумбы промежуточной опоры и соответствующим жёстким телом блока пролётного строения заданы кинематические связи, реализующие следующие типы опирания:

- в местах установки неподвижных опорных частей — «цилиндрический шарнир»;
- в местах установки подвижных опорных частей — «каток» (цилиндрический шарнир + поступательная степень свободы вдоль локальной оси, изначально параллельной оси пути).

БЛОК ПРОЛЁТНОГО СТРОЕНИЯ 23,6 М

Конечно-элементная сетка бетона блока учитывает наличие отверстий для водоотводных трубок. Армирующие элементы выделены в группы согласно назначенным классам:

- напрягаемая арматура (пучки из 24 проволок Ø5 ВП с установкой в массив бетона при помощи каркасно-стержневых анкеров);
- арматура классов AI, AII.

Для блоков из предварительно напряжённого железобетона заданы напряжения

в армирующих пучках согласно данным рабочей документации:

- верхние прямолинейные пучки 7100 кгс/см²;
- полигональные пучки 10500 кгс/см²;
- нижние прямолинейные пучки 10400 кгс/см².

БЛОК ПРОЛЁТНОГО СТРОЕНИЯ 16,5 М

Конечно-элементная сетка бетона блока учитывает наличие отверстий для водоотводных трубок. Армирующие элементы выделены в группы согласно назначенным классам AI, AII.

Бетон монтажных стыков блоков выделен в отдельную группу элементов (рис. 4).

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ ОПОРА

Модель промежуточной опоры состоит из рамы Р-2 и опорной тумбы. Армирующие элементы выделены в группы согласно назначенным классам AI, AII, AIII.

ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Уровень грунта от перемычек рам Р-2 промежуточных — порядка 1,0 м. Для узлов стоек рам не выше указанного уровня заданы закрепления от любых перемещений.

Ввиду симметричности сооружения и наблюдаемых нагрузок относительно плоскости симметрии пути в расчётных моделях для анализа напряжённо-деформированных состояний предусмотрены условия симметрии (закрепления соответствующей группы узлов от перемещений вдоль поперечной оси пути).

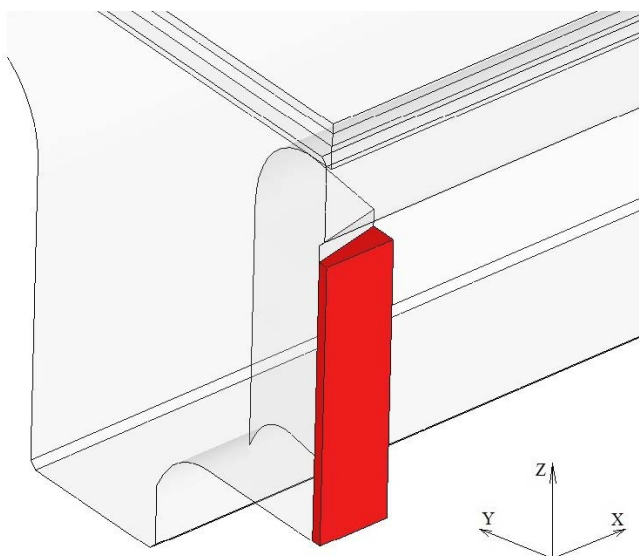


Рис. 4. Деформируемая конечно-элементная модель пролётного строения 16,5 м. Бетон монтажных стыков торцевых диафрагм.

Для расчётного анализа форм и частот собственных колебаний сооружения рассмотрена модель без условий симметрии поперёк оси пути.

НАГРУЗКИ

Все значения нагрузок приняты без учёта различных коэффициентов СП [6, с. 33] и СНиП [7, с. 12] (условий работы, надёжности по нагрузкам, надёжности по ответственности и др.).

Собственный вес конструкций сооружения учитывается заданием инерционной нагрузки — гравитации [8–12].

Временные нагрузки заданы согласно следующим видам воздействий:

- статическая нагрузка от веса сцепа по схеме «локомотив-вагон»;
- статическая нагрузка от веса сплотики из трёх локомотивов.

Воздействие от веса локомотива задано в виде сосредоточенных сил 202,7 кН/ось в узлы модели рельсового пути в соответствии с расстояниями:

- 16900 мм между осями автосцепок;
- 8800 мм между шкворнями тележек (база локомотива);
- 1850 мм между осями тележки.

Воздействие от веса вагона задано в виде сосредоточенных сил 228,7 кН/ось в узлы модели рельсового пути в соответствии с расстояниями:

- 11520 мм между осями автосцепок;

- 7200 мм между шкворнями тележек (база вагона);
- 1850 мм между осями тележки.

Рассмотренные схемы временных нагрузок представлены на рис. 5 и 6 (всего шесть схем для сцепа «локомотив-вагон» и пять схем для сплотики «три локомотива»).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЁТНОГО СТАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Выполнены расчёты напряжённо-деформированного состояния элементов сооружения при заданных сочетаниях нагрузок [13, с. 101–120].

Рассмотрено 12 расчётных случаев:

- П0. «Натяжение арматуры блоков 23,6 м + собственный вес»;
- С1. «П0 + сцеп (середина локомотива над серединой ПС0–1)»;
- С2. «П0 + сцеп (середина вагона над серединой ПС0–1)»;
- С3. «П0 + сцеп (середина вагона над опорой К)»;
- С4. «П0 + сцеп (середина сцепа над серединой ПС1–2)»;
- С5. «П0 + сцеп (середина сцепа над опорой Т)»;
- С6. «П0 + сцеп (середина вагона над серединой ПС2–3)»;
- Л1. «П0 + сплотка (середина локомотива № 1 над серединой ПС0–1)»;
- Л2. «П0 + сплотка (середина локомотива № 2 над опорой К)»;



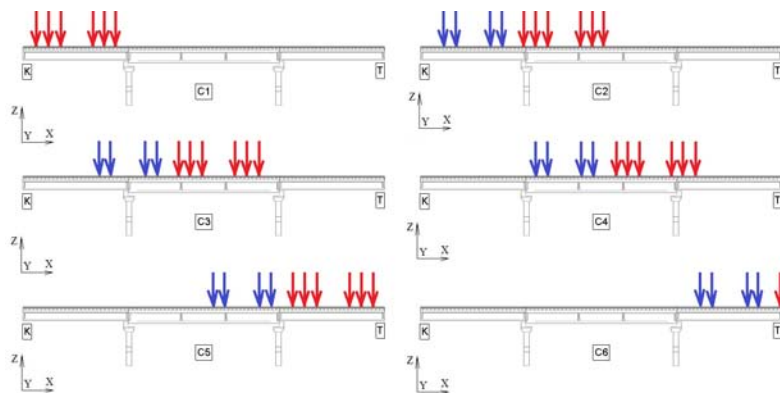


Рис. 5. Схемы временных нагрузок от сцепа «локомотив-вагон» (C1–C6).

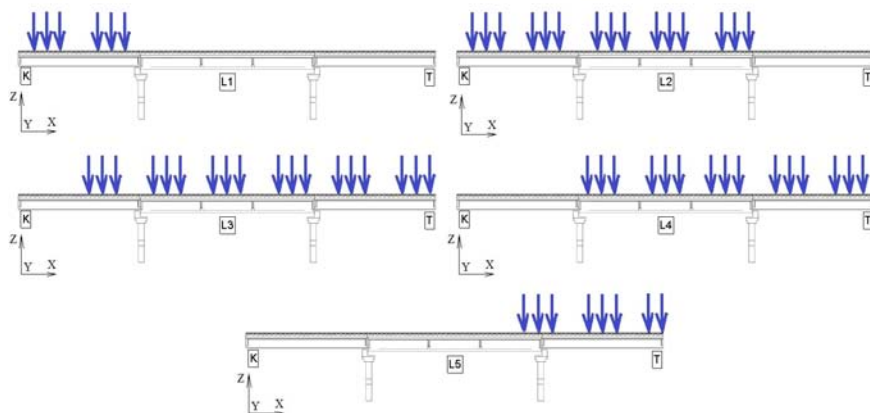


Рис. 6. Схемы временных нагрузок от сплочки «три локомотива» (L1–L5).

- L3. «П0 + сплочка (5-я ось 2-го локомотива над серединой ПС1–2)»;
 - L4. «П0 + сплочка (2-я ось 3-го локомотива над серединой ПС1–2)»;
 - L5. «П0 + сплочка (2-я ось 3-го локомотива над серединой ПС2–3)»,
- где обозначены: К, Т – станции до и после путепровода; ПС0–1 – пролётное строение со стороны станции К; ПС1–2 – пролётное строение 23,6 м; ПС2–3 – пролётное строение со стороны станции Т.

Результаты расчётов представлены в виде значений перемещений и деформаций в контрольных точках, полученных при помощи виртуальных датчиков (податливых стержневых элементов начальной длиной 60 мм с линейно-упругими свойствами стали), установленных на бетоне пролётных строений путепровода. Контрольные точки выбраны на нижнем поясе в срединных сечениях пролётных строений сооружения:

- «dat1,2» – датчики в середине пролётного строения ПС0–1;

- «dat3,4» – датчики в середине пролётного строения ПС1–2;
- «dat5,6» – датчики в середине пролётного строения ПС2–3.

Результаты расчётов элементов сооружения при заданных нагрузках присутствуют в виде распределений перемещений и напряжений в арматуре и бетоне блоков пролётных строений путепровода для расчётного случая П0 и в виде значений перемещений, деформаций и напряжений в контрольных точках и виртуальных датчиках для всех рассмотренных расчётных случаев, S_a – натяжение арматуры (таблица 1). Расчётные данные согласуются с полученными экспериментально авторами [14, с. 165; 15, с. 45; 16, с. 48–51; 17, с. 67; 18, с. 278].

ВЫВОДЫ

Из анализа полученных расчётным путём перемещений, деформаций и напряжений балочных железобетонных пролётных строений путепровода следует, что для определения напряжённо-деформирован-

Таблица 1

**Расчётные значения перемещений, деформаций и напряжений в контрольных точках
пролётных строений путепровода**

Расчётный случай	Перемещение, мм			Приращение перемещения от временной нагрузки, мм		
	ПС0–1	ПС1–2	ПС2–3	ПС0–1	ПС1–2	ПС2–3
S _a	0,00	24,63	0,00	—	—	—
Π0	-4,36	17,41	-4,36	—	—	—
C1	-9,23	17,46	-4,36	4,87	0,05	0,00
C2	-8,92	13,55	-4,34	4,57	3,86	0,02
C3	-6,18	11,38	-4,30	1,82	6,03	0,06
C4	-4,29	11,52	-5,18	0,07	5,89	0,81
C5	-4,34	14,48	-9,14	0,02	2,93	4,78
C6	-4,36	17,44	-8,88	0,00	0,03	4,51
L1	-9,21	17,46	-4,36	4,86	0,05	0,00
L2	-9,62	11,69	-4,29	5,26	5,72	0,08
L3	-7,59	11,75	-9,01	3,23	5,66	4,65
L4	-4,28	11,70	-9,53	0,07	5,71	5,17
L5	-4,36	17,10	-8,93	0,00	0,31	4,57
Расчётный случай	Деформация, мкм/м			Приращение деформации от временной нагрузки, мкм/м		
	dat12	dat34	dat56	dat12	dat34	dat56
S _a	0	-666	0	—	—	—
Π0	146	-524	146	—	—	—
C1	300	-524	146	154	0	0
C2	291	-443	146	145	81	0
C3	204	-408	146	58	115	0
C4	146	-410	169	0	113	24
C5	146	-466	299	0	57	153
C6	146	-524	290	0	0	144
L1	299	-524	146	153	0	0
L2	316	-410	146	171	113	0
L3	260	-411	301	114	113	155
L4	146	-410	317	0	113	172
L5	146	-519	313	0	5	168
Расчётный случай	Напряжение, МПа			Приращение напряжения от временной нагрузки, МПа		
	dat12	dat34	dat56	dat12	dat34	dat56
S _a	0,00	-22,87	0,00	—	—	—
Π0	4,50	-17,97	4,50	—	—	—
C1	9,26	-17,97	4,50	4,76	0,00	0,00
C2	8,98	-15,20	4,50	4,48	2,77	0,00
C3	6,29	-14,01	4,50	1,79	3,96	0,00
C4	4,50	-14,08	5,23	0,00	3,89	0,73
C5	4,50	-16,00	9,24	0,00	1,97	4,74
C6	4,50	-17,97	8,96	0,00	0,00	4,46
L1	9,24	-17,97	4,50	4,74	0,00	0,00
L2	9,77	-14,08	4,50	5,27	3,89	0,00
L3	8,02	-14,10	9,30	3,52	3,87	4,80
L4	4,50	-14,08	9,80	0,00	3,89	5,30
L5	4,50	-17,81	9,68	0,00	0,16	5,18



ного состояния пролётных строений железнодорожного путепровода с целью сравнения с нормируемым диапазоном в качестве статической нагрузки были применены сцепка (локомотив + вагон) и сплотка (три локомотива).

Данные о перемещении, деформации и напряжении балочных железобетонных пролётных строений путепровода можно использовать в расчётах подобных сооружений на сейсмостойкость, а также в динамических расчётах устойчивости при увеличении эксплуатационной нагрузки на железнодорожные мосты.

Для определения фактического технического состояния конструкций мостов и наиболее эффективной оценки их надёжности, установления соответствия между расчётной схемой и действительной работой сооружений на магистральных линиях Казахстана и России целесообразно осуществлять периодический мониторинг напряжённо-деформированного состояния мостовых сооружений под эксплуатационными нагрузками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рупасова И. В., Кондратов В. В. Нагрузки, принимаемые при проектировании железнодорожных мостов // Известия Петербургского университета путей сообщения. Техника и технологии. — 2012. — № 4. — С. 117–124.
2. Шапошников Н. Н., Римский Р. А., Полторак Г. В., Бабаев В. Б. Применение метода конечных элементов к решению динамических задач // Расчёты на прочность. — 1986. — Вып. 27. — С. 220–237.
3. Шапошников Н. Н., Кашаев С. К., Бабаев В. Б., Долганов А. А. Расчёт конструкций на действие подвижной нагрузки с использованием метода конечных элементов // Строительная механика и расчёт сооружений. — 1986. — № 1. — С. 50–54.
4. Иванченко И. И., Грошев Д. Г. Применение метода конечных элементов для изучения колебаний несущих конструкций при действии подвижных нагрузок / МГУПС (МИИТ). — М., 1999. — Деп. в ВИНТИ 28.05.1999, № 1678-B99. [Электронный ресурс]: <http://tekhnosfera.com/issledovanie-deystviya-podvizhnoy-nagruzki-na-sterzhnevye-i-kombinirovannye-konstruktsii-s-ispolzovaniem-konechnykh-elementov#ixzz5V7blfs00>. Доступ 29.10.2018.
5. Катаев С. К. Применение метода конечных элементов при расчёте конструкций на подвижную нагрузку / Дис... канд. техн. наук. — М.: МИИТ, 1984. — 127 с.
6. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84*. — М., 2011.

7. СНиП 3.06.07-86. Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний. — М., 1987.

8. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара. — М.: Наука, 1977. — 224 с.

9. Agrati S. Estimation of Structural Parameters from Ambient Vibration Test, Master thesis 1994, Danish Technical University. [Электронный ресурс]: <http://tekhnosfera.com/otsenka-tehnicheskogo-sostoyaniyastalezhelezobetonnyh-proletnyh-roeniyzheleznodorozhnyh-mostov-po-dinamicheskimpam#ixzz3TzXl0SO0>. Доступ 29.10.2018.

10. Aktan A. E. Issues in Instrumented Bridge Health Monitoring, IABSE Symposium San Francisco 1995. [Электронный ресурс]: <http://tekhnosfera.com/otsenka-tehnicheskogosostoyaniya-stalezhelezobetonnyh-proletnyh-stroeniyzheleznodorozhnyh-mostov-pod-dinamicheskimpam#ixzz3TzWd5HBE>. Доступ 29.10.2018.

11. Aktan A. E., Lee K. L., Chuntavan C., Aksel T. Modal testing for structural identification and condition assessment of constructed facilities. Proceedings of 12th International Modal Analysis Conference, 1994, pp. 462–468.

12. COSMOSM user manual version 1.75. Santa Monica, CA: Structural Research and Analysis Corporation. 1996. [Электронный ресурс]: <http://tekhnosfera.com/otsenkatehnicheskogo-sostoyaniyastalezhelezobetonnyhproletnyh-stroeniy-zheleznodorozhnyh-mostov-podinamicheskimpam#ixzz3TzWoNuNY>. Доступ 29.10.2018.

13. Васильев А. И. Вероятностная оценка остаточного ресурса физического срока службы железобетонных мостов // Труды ЦНИИС. — 2002. — Вып. 208. — С. 101–120.

14. Квашнин М. Я., Буромбаев С. А., Бондарь И. С., Жангабылова А. М. Влияние вибродинамического воздействия локомотивов с высокими осевыми нагрузками на железнодорожный путь и балочные железобетонные пролётные строения мостов // Труды XII международной научно-техн. конференции «Современные проблемы проектирования, строительства и эксплуатации железнодорожного пути». — М.: МИИТ, 2015. — С. 163–166.

15. Квашнин М. Я., Бондарь И. С., Рыстыгулов П. А., Кыстаубаев С. Б. Экспериментальные исследования конструкций железнодорожных мостов, усиленных композитным материалом // Труды 16-й научно-практ. конференции «Безопасность движения поездов». — М.: МИИТ, 2015. — Т. II. — С. 43–47.

16. Буромбаев С. А., Квашнин М. Я. Диагностика и мониторинг искусственных сооружений магистральных линий АО «НК «КТЖ» // Вестник КазАТК. — 2016. — № 3. — С. 38–57.

17. Бондарь И. С. Влияние подвижной нагрузки на деформации пролётного строения железнодорожного моста // Инженерные сооружения на транспорте: Сб. трудов. — М.: МИИТ, 2016. — Вып. 7. — С. 64–67.

18. Квашнин М. Я., Бондарь И. С., Жангабылова А. М. Мониторинг воздействия подвижного состава на балочные пролётные строения железнодорожных мостов // Транспортная наука и инновации: Материалы Международной научно-практ. конференции. — Алматы: КазАТК, 2015. — С. 275–279. ●

Координаты авторов: **Бондарь И. С.** – ivan_sergeevich_08@mail.ru,
Буромбаев С. А. – sultan_burombaev@mail.ru, **Алдекеева Д. Т.** – aldekeeva_69@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 29.10.2018, принята к публикации 06.12.2018.

CALCULATION OF STRESS-STRAIN STATE OF OVERPASSES

Bondar, Ivan S., Kazakh Academy of Transport and Communications n.a. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

Burombaev, Sultan A., JSC NC Kazakhstan Railways, Almaty, Kazakhstan.

Aldekeeva, Dinara T., Kazakh Academy of Transport and Communications n.a. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan.

ABSTRACT

The article considers the results of the design analysis of supporting structures of overpasses with a single-track railway line. The obtained stress-strain states in the elements of reinforced concrete span structures and intermediate supports under

given loads using spatial finite-element models allow us to compare them with the normalized load range and the level of real stability and reliability of bridge objects. In this case, the need arises to monitor such states to maintain viability of the structures in use.

Keywords: railway, overpass, beam span structures, calculation, finite element method, stress-strain state.

Background. Creating a design model for the analysis of the stress-strain state of supporting structures of overpasses, it should be borne in mind that the regulatory rules differ in different countries.

In the USA, the Cooper scheme, consisting of a five-axle steam locomotive, a four-axle tender and a uniformly distributed carload, is still used. The pressure from the axis on the rails in this scheme is taken in proportion to some constant coefficient K . In 1922, the bridges were designed for E10 loads, in 1935 – E72, and now they are designed for E80 loads.

Besides the United States, the Cooper model is used in the design of bridges in Mexico and Australia. Similar schemes of vertical regulatory loads of rolling stock, consisting of concentrated loads and evenly distributed rolling stock loads, were used in Belgium, France, Italy, Yugoslavia, Mozambique, Norway, Poland, Switzerland [1, pp. 117–120].

Objective. The objective of the authors is to consider calculation of stress-strain state of overpasses.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, simulation.

Results.

Description of design models

The design models for the analysis of the stress-strain state (SSS) of the structure are based on the data provided in the form of working documentation for an overpass on a single-track railway line. The overpass parameters are $16,5 + 23,6 + 16,5$ m. A general view of the design model of the structure under consideration is presented in Pic. 1.

Models of reinforced concrete elements of supporting structures of the overpass take into account the joint work of reinforcing elements and concrete filling [2, pp. 222–224; 3, p. 53; 5, pp. 54–55]. The concrete filling of the span blocks of 16,5 m and 23,6 m, as well as the frames and pedestals of the intermediate supports of the overpass are given by volume elements. Reinforcing elements of span structures (frames, grids, wire bundles for prestressing concrete) and intermediate support structures are specified by core elements and take into account their spatial arrangement in concrete filling.

Track superstructure

Elastic mass characteristics of ballast and assembled rails and sleepers (rails, counter rails, sleepers) are taken into account in the computational models by directly specifying volumetric elements with the corresponding physical and mechanical properties of materials (Pic. 2). Section of wooden sleepers is of 180×250 mm (type 1A).

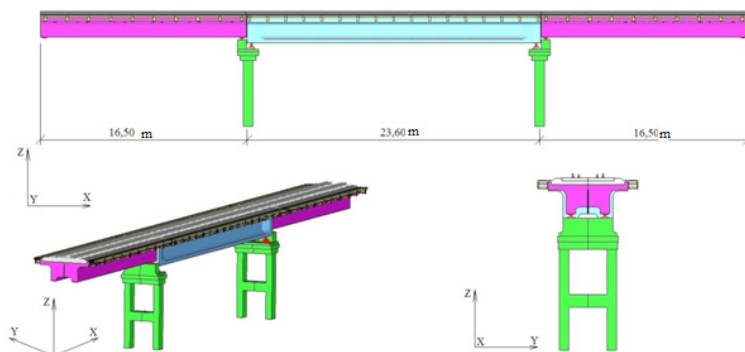
Side pavements

Elastic mass models of side pavements (metal consoles, reinforced concrete flooring) and railings are simplified (Pic. 3).

Supporting parts

Each supporting part of the span is presented in a simplified way – by combining a group of concrete nodes adjacent to the bordering box or supporting sheet into a single rigid body. The masses of the bearing parts are marked with point elements of the type MASS.

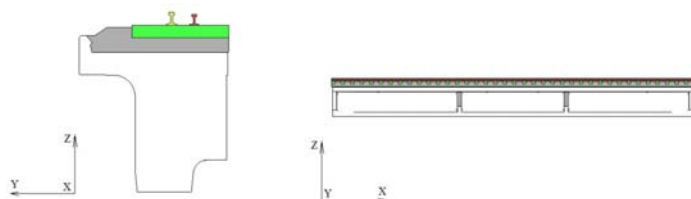
Between the rigid body of the intermediate support pedestal and the corresponding rigid body of the block of the span structure, kinematic links are given realizing the following types of support:



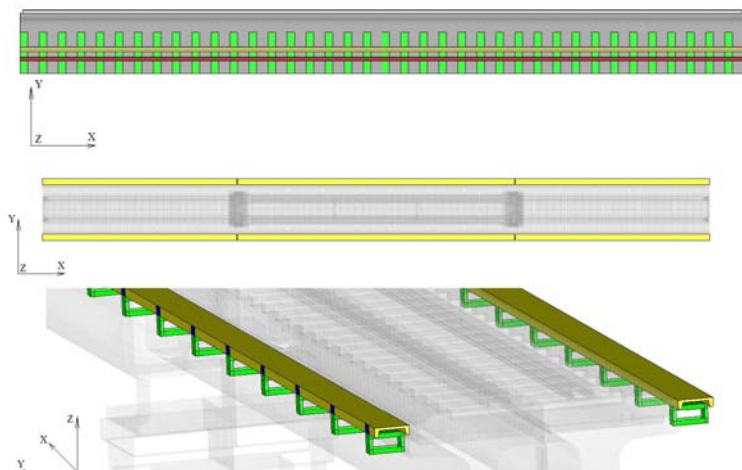
Pic. 1. Deformable finite element model of the overpass. General view.



Pic. 2. Track superstructure (span structures of 16,5 m and track superstructure on them are not shown).



Pic. 3. Side pavements and railing.



- in the places of installation of fixed support parts – «cylindrical joint»;
- in the places of installation of movable support parts – «roller» (cylindrical joint + translational degree of freedom along the local axis, initially parallel to the track axis).

23,6 m span structure block

The finite-element mesh of the concrete block takes into account the presence of holes for the drain pipes. Reinforcing elements are divided into groups according to the assigned classes:

- prestressing reinforcement (bundles of 24 Ø5 BII wires with installation in a concrete mass using frame-bar anchors);
- fittings of classes AI, All.

For prestressed reinforced concrete blocks, the voltages in the reinforcing beams are set according to the working documentation:

- upper straight bunches of 7100 kgf/cm²;
- polygonal bunches of 10500 kgf/cm²;
- lower straight bunches of 10400 kgf/cm².

16,5 m span structure block

The finite-element grid of the concrete block takes into account the presence of holes for the drain pipes. The reinforcing elements are allocated in groups according to the designated classes AI, All.

Concrete of the assembly joints of the blocks is allocated to a separate group of elements (Pic. 4).

Intermediate support

The model of intermediate support consists of a frame R-2 and a support bollard. The reinforcing elements are allocated in groups according to the designated classes AI, All, Alll.

Fasteners

The ground level of the jumpers of the P-2 intermediate frames is about 1,0 m. For the nodes of the frame struts not higher than the specified level, the fasteners for any movements are set.

Due to the symmetry of the structure and the observed loads relative to the plane of track symmetry in the design models for the analysis of stress-strain states, symmetry conditions are provided (fasteners of the corresponding group of nodes from displacements along the transverse track axis).

For the calculated analysis of the forms and frequencies of natural oscillations of a structure, a model without symmetry conditions across the track axis is considered.

Loads

All values of loads are taken without taking into account the various coefficients of Russian SP [Construction Rules] [6, p. 33] and SNiP [Construction Standards and Rules] [7, p. 12] (working conditions, reliability regarding loads and strength responsibility, etc.).

The own weight of the structures is taken into account assuming inertial load – gravity [8–12].

Temporary loads are set according to the following types of effects:

- static load on the weight of the coupling according to the «locomotive-car» scheme;
- static load on the weight of a raft of three locomotives.

The impact of the weight of the locomotive is given in the form of a concentrated force of 202,7 kN/axis in the nodes of the rail track model in accordance with the distances:

- 16900 mm between axles of automatic couplings;
- 8800 mm between the pins of bogies (locomotive base);
- 1850 mm between bogie axles.

The impact of the weight of the car is given in the form of a concentrated force of 228,7 kN/axis in the nodes of the rail track model in accordance with the distances:

- 11520 mm between axles of automatic couplings;
- 7200 mm between the pins of bogies (car base);
- 1850 mm between bogie axles.

The considered schemes of temporary loads are presented in Pic. 5 and 6 (a total of six schemes for the «locomotive-car» connection and five schemes for the raft of «three locomotives»).

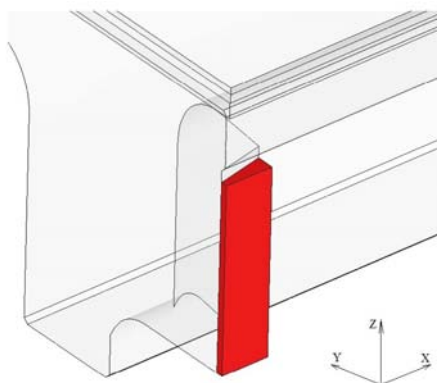
The results of the calculated static analysis

The calculations of the stress-strain state of the elements of the structure under given combinations of loads [13, pp. 101–120].

12 cases are considered:

- P0. «Tension of reinforcement of the blocks 23,6 m + own weight»;
- C1. «P0 + coupling (middle of the locomotive over middle of PS0–1)»;
- C2. «P0 + coupling (middle of the car over the middle of PS0–1)»;
- C3. «P0 + coupling (middle of the car above the support K)»;
- C4. «P0 + coupling (middle of the coupling over the middle of PS1–2)»;
- C5. «P0 + coupling (middle of the coupling over the support T)»;
- C6. «P0 + coupling (middle of the car over the middle of PS2–3)»;
- L1. «P0 + raft (middle of the locomotive No. 1 over the middle of PS0–1)»;
- L2. «P0 + raft (middle of the locomotive No. 2 above the support K)»;
- L3. «P0 + raft (5th axis of the 2nd locomotive over the middle of PS1–2)»;
- L4. «P0 + raft (2nd axis of the 3rd locomotive over the middle of PS1–2)»;
- L5. «P0 + raft (2nd axis of the 3rd locomotive over the middle of PS2–3)»,

where are marked: K, T – stations before and after the overpass; PS0–1 – span from the station K; PS1–2 – span of 23,6 m; PS2–3 – span from the station T.

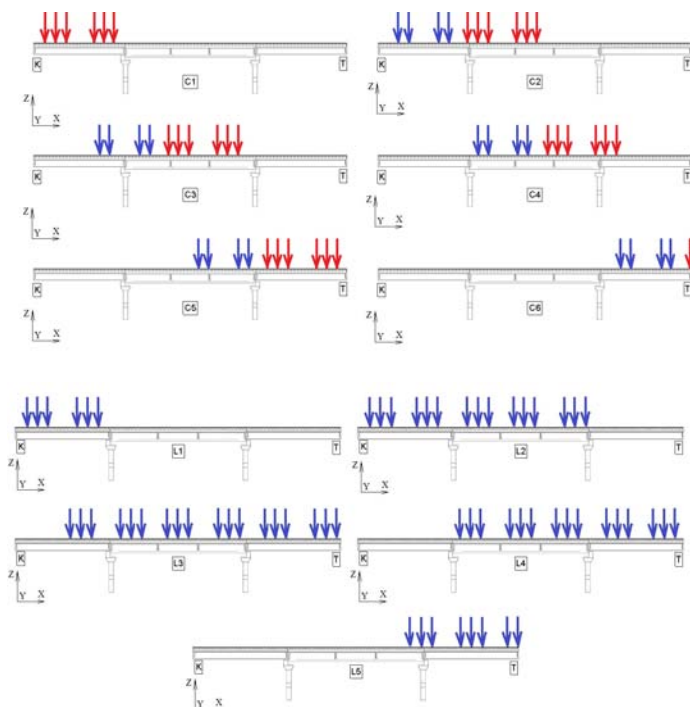


Pic. 4. Deformable finite element model of the span of 16,5 m. Concrete of the assembly joints of the end diaphragms.

The results of the calculations are presented as displacement and deformation values at the control points obtained using virtual sensors (pliable core elements with an initial length of 60 mm with linear elastic properties of steel) installed on the concrete of the span of the overpass. Control points are selected on the lower belt in the middle sections of the span structures of the structure:

- «dat1,2» – sensors in the middle of the span PS0–1;
- «dat3,4» – sensors in the middle of the span PS1–2;
- «dat5,6» – sensors in the middle of the span PS2–3.

The results of calculations of elements of the structure under given loads are present in the form of distributions of displacements and stresses in reinforcement and concrete blocks of span structures of the overpass for the design case P0 and in the form of displacements, deformations and stresses at



Pic. 5. Schemes of temporary loads from the coupling «locomotive-car» (C1–C6).

Pic. 6. Schemes of temporary loads from the raft «three locomotives» (L1–L5).



Table 1

Calculated values of displacements, deformations and stresses at the control points of the span structures of the overpass

Design case	Displacement, mm			Displacement increment from temporary load, mm		
	PS0–1	PS1–2	PS2–3	PS0–1	PS1–2	PS2–3
S_a	0,00	24,63	0,00	—	—	—
P0	-4,36	17,41	-4,36	—	—	—
C1	-9,23	17,46	-4,36	4,87	0,05	0,00
C2	-8,92	13,55	-4,34	4,57	3,86	0,02
C3	-6,18	11,38	-4,30	1,82	6,03	0,06
C4	-4,29	11,52	-5,18	0,07	5,89	0,81
C5	-4,34	14,48	-9,14	0,02	2,93	4,78
C6	-4,36	17,44	-8,88	0,00	0,03	4,51
L1	-9,21	17,46	-4,36	4,86	0,05	0,00
L2	-9,62	11,69	-4,29	5,26	5,72	0,08
L3	-7,59	11,75	-9,01	3,23	5,66	4,65
L4	-4,28	11,70	-9,53	0,07	5,71	5,17
L5	-4,36	17,10	-8,93	0,00	0,31	4,57
Design case	Deformation, $\mu\text{m/m}$			Deformation increment from temporary load, $\mu\text{m/m}$		
	dat12	dat34	dat56	dat12	dat34	dat56
S_a	0	-666	0	—	—	—
P0	146	-524	146	—	—	—
C1	300	-524	146	154	0	0
C2	291	-443	146	145	81	0
C3	204	-408	146	58	115	0
C4	146	-410	169	0	113	24
C5	146	-466	299	0	57	153
C6	146	-524	290	0	0	144
L1	299	-524	146	153	0	0
L2	316	-410	146	171	113	0
L3	260	-411	301	114	113	155
L4	146	-410	317	0	113	172
L5	146	-519	313	0	5	168
Design case	Tension, MPa			Tension increment from temporary load, MPa		
	dat12	dat34	dat56	dat12	dat34	dat56
S_a	0,00	-22,87	0,00	—	—	—
P0	4,50	-17,97	4,50	—	—	—
C1	9,26	-17,97	4,50	4,76	0,00	0,00
C2	8,98	-15,20	4,50	4,48	2,77	0,00
C3	6,29	-14,01	4,50	1,79	3,96	0,00
C4	4,50	-14,08	5,23	0,00	3,89	0,73
C5	4,50	-16,00	9,24	0,00	1,97	4,74
C6	4,50	-17,97	8,96	0,00	0,00	4,46
L1	9,24	-17,97	4,50	4,74	0,00	0,00
L2	9,77	-14,08	4,50	5,27	3,89	0,00
L3	8,02	-14,10	9,30	3,52	3,87	4,80
L4	4,50	-14,08	9,80	0,00	3,89	5,30
L5	4,50	-17,81	9,68	0,00	0,16	5,18

control points and virtual sensors for all considered design cases, S_a – tensioning of the steel (Table 1). The calculated data are consistent with the data experimentally obtained by the authors [14, p. 165; 15, p. 45; 16, pp. 48–51; 17, p. 67; 18, p. 278].

Conclusions. From the analysis of the calculated displacements, deformations and stresses of girder reinforced concrete span structures of the overpass it follows that for determining the stress-strain state of the span structures of the railway overpass for the purpose

of comparison with the normalized range, the coupling (locomotive + car) and raft (three locomotive) were used.

Data on displacement, deformation and tension of girder reinforced concrete span structures of the overpass can be used in calculations of similar structures for seismic resistance, as well as in dynamic calculations of stability with increasing operational load on railway bridges.

To determine the actual technical state of the bridge structures and the most effective assessment

of their reliability, to establish the correspondence between the design scheme and the actual operation of structures on the main lines of Kazakhstan and Russia, it is advisable to periodically monitor the stress-strain state of the bridge structures under operational loads.

REFERENCES

1. Rupasova, I. V., Kondratov, V. V. Loadings, assumed for the design of railway bridges [Nagruzki, priminaemie pri proektirovanii zheleznodorozhnykh mostov]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya. Tekhnika i tekhnologii*, 2012, Iss. 4, pp. 117–124.
2. Shaposhnikov, N. N., Rimsky, P. A., Poltorak, G. V., Babaev, V. B. Application of the finite element method for solving dynamic problems [Primenenie metoda konechnykh elementov k resheniyu dinamicheskikh zadach]. *Raschety na prochnost'*, 1986, Iss. 27, pp. 220–237.
3. Shaposhnikov, N. N., Kashaev, S. K., Babaev, V. B., Dolganov, A. A. Design calculation for the effect of a movable load using the finite-element method [Raschet konstruktssii na deistvie podvizhnoi nagruzki s ispolzovaniem metoda konechnykh elementov]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii*, 1986, Iss. 1, pp. 50–54.
4. Ivanchenko, I. I., Groshev, D. G. Application of the finite element method for studying oscillations of bearing structures under the action of moving loads [Primenenie metoda konechnykh elementov dlya izucheniya kolebaniy nesushchiykh konstruktssii pri deistvii podvizhnykh nagruzok]. MGUPS (MIIT), Moscow, 1999, Dep. in VINITI 28.05.1999, No. 1678–B99. [Electronic resource]: <http://tekhnosfera.com/issledovanie-deystviya-podvizhnoy-nagruzki-na-sterzhnevye-i-kombinirovannye-konstruktssii-s-ispolzovaniem-konechnykh-elementov#ixzz5V7blfs00>. Last accessed 29.10.2018.
5. Kataev, S. K. The application of the finite element method in the calculation of structures for a moving load. Ph.D. (Eng) thesis [Primenenie metoda konechnykh elementov pri raschete konstruktssii na podvizhnyy nagruzku. Dis... kand. tekhn. nauk]. Moscow, MIIT publ., 1984, 127 p.
6. SP 35.13330.2011. Bridges and pipes. Updated version of SNiP 2.05.03-84* [SP 35.13330.2011. Mosty i truby. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 2.05.03-84*]. Moscow, 2011.
7. SNiP 3.06.07-86. Bridges and pipes. Rules of examinations and tests [SNiP 3.06.07-86. Mosty i truby. Pravila obsledovaniy i ispytaniy]. Moscow, 1987.
8. Panovko, Ya. G. Introduction to the theory of mechanical shock [Vvedenie v teoriyu mekhanicheskogo udara]. Moscow, Nauka publ., 1977, 224 p.
9. Agrati, S. Estimation of Structural Parameters from Ambient Vibration Test, Master thesis 1994, Danish Technical University. [Electronic resource]: <http://tekhnosfera.com/otsenka-tehnicheskogo-sostoyaniyastalezhelezbetonnykh-proletnykh-roeniyzheleznodorozhnykh-mostov-podinamicheskim-param#ixzz3TzX1oSO0>. Last accessed 29.10.2018.
10. Aktan, A. E. Issues in Instrumented Bridge Health Monitoring, IABSE Symposium San Francisco 1995. [Electronic resource]: <http://tekhnosfera.com/otsenka-tehnicheskogosostoyaniya-stalezhelezbetonnykh-proletnykh-stroeniyzheleznodorozhnykh-mostov-podinamicheskimparam#ixzz3TzWd5HBE>. Last accessed 29.10.2018.
11. Aktan, A. E., Lee, K. L., Chuntavan, C., Aksel, T. Modal testing for structural identification and condition assessment of constructed facilities. Proceedings of 12th International Modal Analysis Conference, 1994, pp. 462–468.
12. COSMOSM user manual version 1.75. Santa Monica, CA: Structural Research and Analysis Corporation. 1996. [Electronic resource]: <http://tekhnosfera.com/otsenkatehnicheskogosostoyaniya-stalezhelezbetonnykhproletnykh-stroeniyzheleznodorozhnykh-mostov-podinamicheskim-param#ixzz3TzWoNyHY>. Last accessed 29.10.2018.
13. Vasilyev, A. I. Probabilistic assessment of the residual resource of the physical life of reinforced concrete bridges [Veroyatnostnaya otsenka ostatochnogo resursa fizicheskogo sroka sluzhby zhelezbetonnykh mostov]. *Proceedings of TsNIIS*, 2002, Vol. 208, pp. 101–120.
14. Kvashnin, M. Ya., Burombaev, S. A., Bondar, I. S., Zhangabylova, A. M. Influence of the vibrodynamic effect of locomotives with high axial loads on the railway track and beam reinforced concrete span structures of bridges [Vliyaniye vibrodinamicheskogo vozdeystviya lokomotivov s vysokimi osevyimi nagruzkami na zheleznodorozhnyi put' i balochnye zhelezbetonnie proletnie stroeniya mostov]. *Proceedings of 12th international scientific and technical conference «Modern problems of design, construction and operation of the railway track»*. Moscow, MIIT publ., 2015, pp. 163–166.
15. Kvashnin, M. Ya., Bondar, I. S., Rystygulov, P. A., Kystaubayev, S. B. Experimental studies of the structures of railway bridges reinforced with composite material [Eksperimentalnye issledovaniya konstruktssii zheleznodorozhnykh mostov, usilivaemykh kompozitnym materialom]. *Proceedings of 16th scientific and practical conference «Train Traffic Safety»*. Moscow, MIIT publ., 2015, Vol. 2, pp. 43–47.
16. Burombaev, S. A., Kvashnin, M. Ya. Diagnostics and monitoring of artificial structures of main lines of JSC NC KTZh [Diyagnostika i monitoring iskusstvennykh sooruzhenii magistralnykh liniy AO «NC «KTZh»]. *Vestnik KazATK*, 2016, Iss. 3, pp. 38–57.
17. Bondar, I. S., The effect of moving load on deformations of the span structure of a railway bridge [Vliyaniye podvizhnoi nagruzki na deformatsiyu proletnogo stroeniya zheleznodorozhnogo mosta]. *Inzhenernie sooruzheniya na transporte: Collection of papers*. Moscow, MIIT publ., 2016, Vol. 7, p. 64–67.
18. Kvashnin, M. Ya., Bondar, I. S., Zhangabylova, A. M. Monitoring the impact of rolling stock on beam span structures of railway bridges [Monitoring vozdeystviya podvizhnogo sostava na balochnye proletnie stroeniya zheleznodorozhnykh mostov]. *Transport science and innovations: Proceedings of international scientific and practical conference*. Almaty, KazATK, 2015, pp. 275–279. ●

Information about the authors:

Bondar, Ivan S. – senior lecturer of the department of transport construction of Kazakh Academy of Transport and Communications n.a. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, ivan_sergeevich_08@mail.ru.

Burombaev, Sultan A. – head of the branch of Almaty track maintenance department (PCh-46) of JSC NC Kazakhstan Railways, Almaty, Kazakhstan, sultan_burombaev@mail.ru.

Aldekeeva, Dinara T. – Ph.D. (Eng), associate professor of the department of natural sciences of Kazakh Academy of Transport and Communications n.a. M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, aldekeeva_69@mail.ru.

Article received 29.10.2018, accepted 06.12.2018.





Исследование прочности кузовов вагонов электропоезда нового поколения



Александр СКАЧКОВ
Alexander N. SKACHKOV

Сергей САМОШКИН
Sergey L. SAMOSHKIN



Сергей КОРШУНОВ
Sergey D. KORSHUNOV

Скачков Александр Николаевич — кандидат технических наук, директор ЗАО «Научная организация «Тверской институт вагоностроения», Тверь, Россия.

Самошкин Сергей Львович — доктор технических наук, начальник управления научно-технического обеспечения и развития ЗАО НО «Тверской институт вагоностроения», Тверь, Россия.

Коршунов Сергей Дмитриевич — кандидат технических наук, заведующий испытательной лабораторией ЗАО НО «Тверской институт вагоностроения», Тверь, Россия.

Study of Body Strength of New Generation Electric Train Cars

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 79)

В Твери на основе расчётно-экспериментальных методов проведены теоретические и экспериментальные исследования несущей способности кузовов вагонов электропоезда нового поколения ЭГ2Тв при воздействии различных нормативных нагрузок. На основании предварительной оценки напряжённо-деформированного состояния отдельные узлы металлоконструкции кузовов были изменены. Результаты прочностных статических испытаний показали, что по основным показателям прочности кузова полностью соответствуют требованиям нормативов и тем самым подтверждается рациональность принятых решений. С учётом положительных результатов испытаний кузова были переданы для дальнейших испытаний, а именно для определения параметров изгибных колебаний.

Ключевые слова: электропоезд ЭГ2Тв, металлоконструкция кузова, прочность, несущая способность, нормативные требования, допускаемые напряжения.

Одной из наших совместных инновационных работ с ОАО «Тверской вагоностроительный завод» стало создание электропоезда ЭГ2Тв модели 62—4496. Основной предпосылкой появления электропоезда нового поколения послужила необходимость повышения экономической эффективности пассажирских перевозок внутригородским рельсовым транспортом и обеспечения современного уровня комфорта для пассажиров.

В состав электропоезда входят вагоны трёх типов: головной модели 62—4497, моторный модели 62—4498 и немоторный (прицепной) модели 62—4499. Схемы формирования поездов определяются заказчиком и могут включать в себя от 5 до 12 вагонов различных типов. В таблице 1 приведены основные технические параметры ЭГ2Тв. При этом принято следующее обозначение моделей вагонов: головной — Г, моторный — М, немоторный (прицепной) — Н. Движение электропоезда осуществляется со скоростями до 120 км/ч на электрифици-



Рис. 1. Электропоезд ЭГ2Тв «Иволга» на полигоне ВНИИЖТ. Фото: С. Д. Коршунов.

Таблица 1

Основные технические параметры электропоезда и вагонов

Наименование параметров	Значение параметров			
	Эл. п. 2Г+3М	Вагонов электропоезда		
		Г	М	Н
Масса тары, не более, т	249,7	48,5	50,9	45,5
Количество мест для сидения, шт.	226	24+2	58	58
Расчётная населённость (при плотности стоящих пассажиров 3 чел./м ²), чел.	836	130	192	192
Максимальная нагрузка от колёсной пары на рельс, не более, тс	—	19	20,5	19
Общая мощность (часовая), кВт	3600	—	1200	—
Длина электропоезда основной составности, м	116	23,8	22,8	22,8
База вагона, м	—	15,0	15,0	15,0
База тележки, м	—	2,6	2,6	2,6
Масса тележки, не более, кг	—	7000	10000	7000
Срок службы, лет	40	40	40	40

цированных участках напряжением 3 кВ постоянного тока.

Общий вид полностью сформированного электропоезда показан на рис. 1.

I.

Несущие металлоконструкции кузовов вагонов электропоезда в целом аналогичны, изготовлены из одинаковых сталей и отличаются лишь отдельными конструктивными узлами, обусловленными назначением вагонов. Кузова вагонов представляют собой цельнометаллическую несущую конструк-

цию типа замкнутой оболочки с вырезами для окон и дверей, плоской наружной обшивкой боковых и торцевых стен, крышей рамной конструкции с плоско-гофрированной обшивкой и вырезами под оборудование, а также полом из гофрированных листов. Несущая оболочка подкреплена продольными и поперечными элементами жёсткости. Рамы кузовов состоят из продольных и поперечных балок (хребтовая балка, обвязка рамы, шкворневые, поперечные балки), на которые устанавливается обшивка пола.



Таблица 2

Механические характеристики и допускаемые напряжения (МПа) для сталей

Класс прочности, марка стали	$\sigma_{\text{в min}}$	$\sigma_{\text{т}}$	I режим	II режим
			[σ]	[σ]
EN10088–2-X6GrNiTi 18–10+2B	370	260	260	175
345Д, 09Г2С/(09Г2СД)	480	345	345/326	220/210

Кабина машиниста головного вагона выполнена в виде отдельного модуля и крепится к несущей конструкции кузова болтовыми соединениями. Стальной каркас кабины имеет ферменную конструкцию, элементы которой представляют собой сварные закрытые профили прямоугольного сечения. Ограждение кабины формируется из пластиковых панелей. Несущие элементы рамы кузова изготовлены из низколегированной стали 09Г2С по ГОСТ 19281, наружная обшивка, каркас кузова – из нержавеющей стали EN10088–2-X6GrNiTi 18–10+2В.

Основные узлы тележек: рама, две колёсные пары, четыре комплекта буксовых подвешиваний, центральное подвешивание, тормоз дисковый, лемнискатный механизм, блоки очистки бандажа (при наличии), оборудование системы гребнесмазывания, кронштейны катушек для монтажа приёмных катушек рельсовых сигналов КП-РС, электромонтаж тележки. Рама является несущим элементом конструкции. Весь комплекс оборудования, обеспечивающий работу тележки, смонтирован в основном на раме или с опорой на неё.

Рессорное подвешивание двухступенчатое – пружинное буксовое и пневматическое центральное. В центральном подвешивании применены две пневматические рессоры, на которые опирается кузов вагона.

Пневморессоры с резинокордными оболочками диафрагменного типа с вибропоглощающими резинометаллическими опорами установлены на опорные поверхности рамы. Применены демпферы гидравлические: вертикальные – для гашения вертикальных колебаний кузова относительно рамы тележки, горизонтальные – для гашения горизонтальных колебаний в поперечном направлении и демпферы вилияния – для гашения колебаний вилияния тележки.

Колёсные пары выполнены с цельнокатаными колёсами и закреплёнными на

них тормозными дисками, буксовыми узлами с роликовыми подшипниками качения. В буксовом подвешивании применены буксы рычажного типа с резинометаллическими шарнирами для связи колёсной пары с рамой тележки, комплекты цилиндрических винтовых пружин и буксовые демпферы гидравлические – для гашения вертикальных колебаний рамы тележки.

Все кузова вагонов электропоезда имеют большую длину по сравнению с вагонами эксплуатационного парка и уширенные дверные проёмы, повышенную вместимость и дополнительное оборудование для обеспечения современного уровня комфорта. В связи с этим требования к габаритно-весовым параметрам кузовов и их несущей способности приобретают первостепенное значение [1, с. 37; 2, с. 34; 3, с. 204; 4, с. 61].

II.

Рассмотрим для начала расчёт кузова на примере наиболее сложного головного вагона.

В таблице 2 приведены прочностные характеристики и допускаемые напряжения материалов при изготовлении кузовов. В знаменателе указаны расчётные напряжения для хребтовой и шкворневых балок [5, с. 33; 6, с. 10; 7, с. 12; 8, с. 47].

При выполнении расчётов были приняты следующие исходные данные:

- Длина кузова по раме – 22,140 м.
- База вагона – 15,000 м.

Ширина кузова наружная по обвязке рамы – 3,476 м.

Высота кузова от верха шкворневой балки до верха гофра крыши – 2,925 м.

Конструкционная скорость – 33,3 м/с (120 км/ч).

Коэффициент вертикальной динамики (с учётом влияния боковых сил) – 0,214.

Тара кузова в экипированном состоянии – 36000 кг.

Полезная нагрузка – 19310 кг.

Расчёты на прочность проводились на нагрузки, показанные в таблице 3.

I-й режим — условный режим безопасности. Он учитывает возможность возникновения значительных продольных сил, обусловленных маневровой работой, транспортировкой и аварийными соударениями.

II-й режим — эксплуатационный, учитывает силы, действующие на кузов при разгоне поезда до конструкционной скорости, движении на выбеге или торможении с этой скорости при прохождении кривой.

Для создания расчётной схемы метода конечных элементов (МКЭ) использовался проектно-вычислительный комплекс SCAD [9–10]. Гладкие листы при расчёте моделировались изотропными плоскими элементами, панели гофрированной обшивки — плоскими ортотропными элементами, имеющими приведённую толщину

Таблица 3
Величина основных сил для расчёта на прочность

Расчётные параметры	Расчётные режимы	
	I	II
Продольная сила, МН	-2,5	±0,4
Вертикальная статическая нагрузка	брутто кузова	брутто кузова
Вертикальная динамическая нагрузка	не учитывается	K_d * брутто кузова
Боковые силы	не учитывается	12,5 % от брутто кузова

Примечание: знак «+» для силы растяжения, знак «-» для силы сжатия.

(δ_{np}). Приведённые толщины панелей обшивки (δ_{np}), а также модули упругости и коэффициенты Пуассона вдоль (E_x, ν_x) и поперёк (E_y, ν_y) панелей даны в таблице 4. Для плоских изотропных элементов $E_x = E_y, \nu_x = \nu_y$ элементы каркаса моделировались

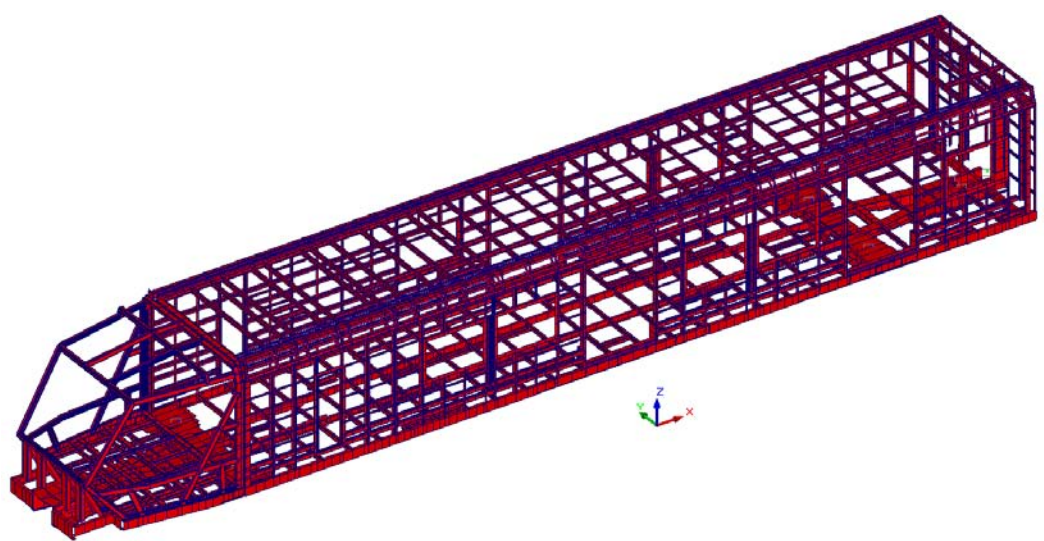


Рис. 2. Расчётная схема МКЭ кузова головного вагона электропоезда (элементы каркаса).

Таблица 4
Приведённые толщины (δ_{np}), модули упругости и коэффициенты Пуассона (E_x, ν_x, E_y, ν_y) для панелей обшивки кузова

Наименование панели	δ , мм	δ_{np} , мм	E_x , МПа	ν_x	E_y , МПа	ν_y
Пол гладкий	4,0	4,0	200000	0,3	200000	0,3
Пол гофрированный	1,5	1,55	200000	0,3	479,4	0,00072
Нижний и средний пояса боковой стены	2,0	2,0	200000	0,3	200000	0,3
Верхний пояс боковой стены	2,0+1,0	3,12	200000	0,3	14652	0,022
Крыша гладкая	2,0	2,0	200000	0,3	200000	0,3
Крыша гофрированная	1,5	1,74	200000	0,3	323,0	0,00048
Торцевая стена	2,0	2,0	200000	0,3	200000	0,3



Таблица 5

Значения максимальных расчётных напряжений (σ_x , МПа) в обшивке кузова

Наименование элемента конструкции	σ_x			
	I режим	II реж. (–)	II реж. (+)	при рем. нагрузках
Настил пола в салоне	-235	114	144	94
Настил пола в кабине машиниста	-114	30	61	±25
Боковая стена 1	-202	-118	141	-195
Боковая стена 2	-204	-119	144	-98
Крыша	40	-50	-60	-72
Торцевая стена	36	14	24	-30

Таблица 6

Значения максимальных расчётных нормальных напряжений (σ_x , МПа) в элементах каркаса кузова

Наименование элемента конструкции		Диапазон напряжений по I режиму
хребтовая балка	середина вагона	от -183 до -223
	за дверью машиниста	от -291 до -298
	под окном	от -221 до -269
	консоль за шкворневой балкой	от -225 до -320
	консоль головного конца	от -141 до -256
шкворневая балка	правый конец вагона	от -187 до 214
	головной конец вагона	от -147 до -159
обвязки рамы	в зоне правой двери	от -245 до -252
	в зоне средней двери	от -156 до -175
поперечные балки	100×60×4	от -251 до 169
	100×60×5	от 228 до 264
	80×60×5	от -189 до 234
продольные балки	дверные стойки	от -168 до 230
	обвязка крыши	от 138 до 263
	стрингер крыши	от -145 до -301
	балки кабины	от 120 до 204

стержневыми элементами. При создании расчётной схемы учтено эксцентричное соединение элементов каркаса с обшивкой. Фрагмент расчётной схемы показан на рис. 2. Схема содержит 6650 узлов, 11845 элементов, порядок системы уравнений около 40000 неизвестных.

Закрепление расчётной схемы в пространстве как твёрдого тела при расчёте по режимам обеспечивали четыре вертикальные по оси Z линейные связи в местах установки кузова на пневморессоры, две продольные линейные связи по оси X в месте приложения продольной нагрузки (на одном конце рамы), а также две дополнительные поперечные линейные связи по оси Y по концам кузова.

Вертикальная распределённая нагрузка прикладывалась по площади пола и горизонтальной проекции крыши. Вертикальная нагрузка от оборудования, имеющего

существенную массу, учитывалась отдельно как узловая. Продольные усилия с присоединённым моментом прикладывались к передним (растягивающие) или задним (сжимающие) упорным угольникам.

Результаты расчётов представлены в таблицах 5 и 6, где приведены значения нормальных напряжений для наиболее нагруженных элементов обшивки и каркаса кузова.

Анализ результатов расчётов показал, что кузова головного вагона электропоезда ЭГ2Тв, как и моторного (М) и немоторного (Н) вагонов, по прочности удовлетворяют требованиям [5, с. 179].

III.

Испытания кузовов на прочность при статическом действии нормативных нагрузок проводились в помещении экспериментального цеха института вагоностроения



Рис. 3. Реализация вертикальной нагрузки на металлоконструкцию кузова вагона с помощью пневмооборудования.

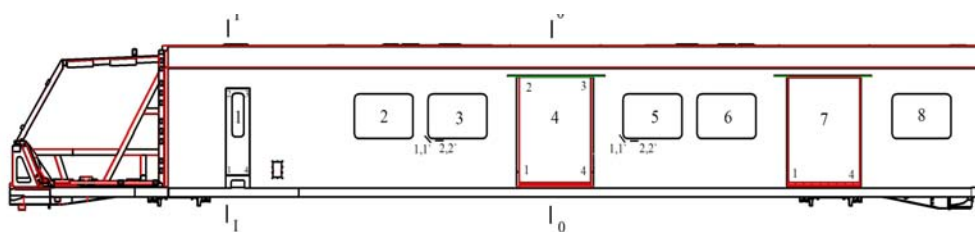


Рис. 4. Схема расположения исследуемых сечений на кузове головного вагона модели 62–4497.

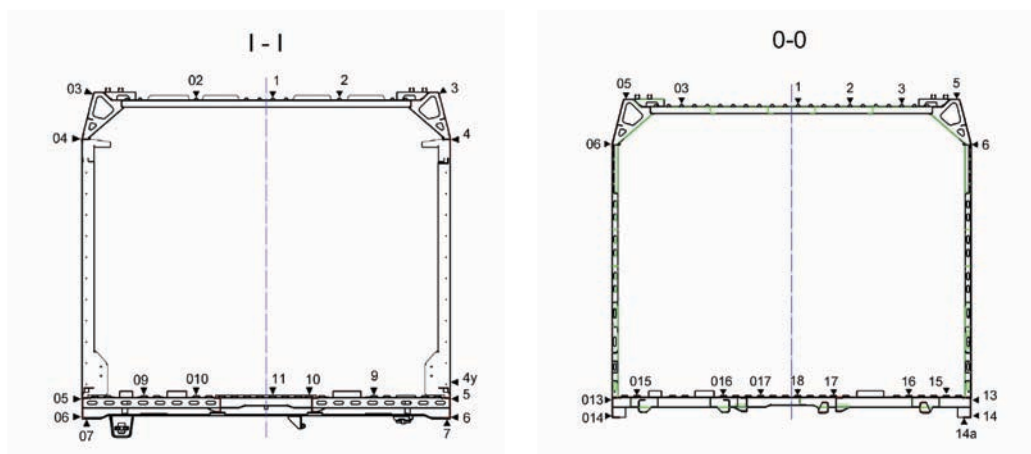


Рис. 5. Схема установки тензодатчиков в сечениях 0–0 и I–I кузова вагона модели 62–4497.

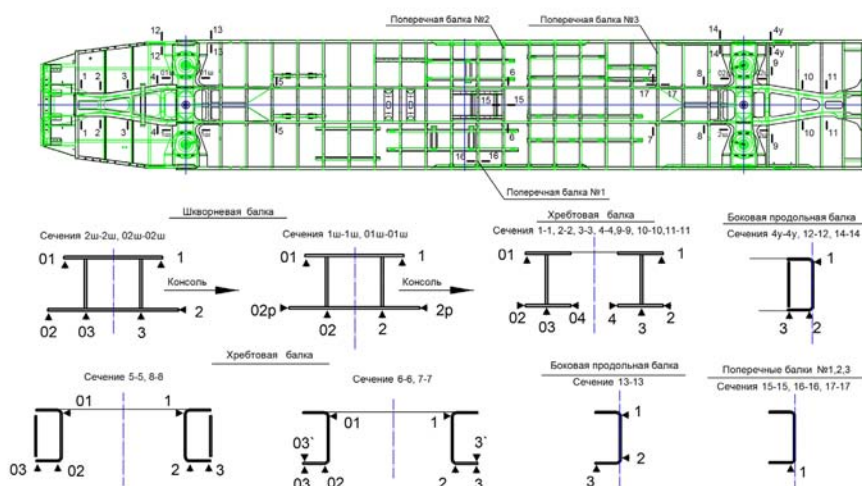


Рис. 6. Схема расположения сечений и установки тензодатчиков на основных несущих элементах кузова головного вагона модели 62–4497.

ния на специальном стенде, оборудованном гидравлической силовой системой с силоизмерительными устройствами и позволяющем создавать продольные (растяжение-сжатие), а также вертикальные и ремонтные нагрузки [11, 12].

Вертикальные нагрузки тара и брутто создавались штатными пневматическими приспособлениями стенда, дискретно распределёнными по полу кузовов вагонов. На рис. 3 показана реализация вертикальной нагрузки на металлоконструкцию моторного вагона с помощью пневмооборудования.

При испытаниях кузова подвергались действию нормативных статических нагрузок, предусмотренных [5, с. 179; 6, с. 10].

Продольные нагрузки:

- сжатие по осям сцепных устройств 1,0 МН;
- сжатие по осям сцепных устройств 2,0 МН;
- растяжение по осям сцепных устройств 1,0 МН.

Вертикальные нагрузки (согласно расчёту на прочность):

- вертикальная нагрузка, имитирующая тару кузова вагона;
- вертикальная нагрузка, имитирующая брутто кузова вагона.

Нагрузки, возникающие при ремонте:

- подъёмка порожнего кузова под концы шкворневой балки;
- подъёмка гружёного кузова под концы шкворневой балки;

- подъёмка порожнего кузова под концы шкворневых балок на трёх домкратах;
- подъёмка порожнего кузова под концы шкворневых балок по диагонали;
- аварийная подъёмка порожнего кузова под сцепное устройство с имитацией массы моторной тележки 10 т.

Схемы расположения сечений и расстановки тензодатчиков на кузове головного вагона показаны на рис. 4–6. Для других моделей вагонов они принципиально не отличаются.

Полученные экспериментальные данные при испытаниях металлоконструкции кузова головного вагона показали, что определяющей нагрузкой с точки зрения прочности является сжатие по осям сцепных устройств, а основным нагруженным узлом — рама кузова. При этом основная часть продольных нагрузок воспринимается хребтовой и шкворневыми балками. Наибольшие значения напряжений зарегистрированы в зонах соединений хребтовой и шкворневой балок, где они достигли 331 МПа в хвостовой части кузова, и несколько ниже в головной части, что связано с передачей части нагрузки балками каркаса кабины машиниста на несущие элементы кузова. По этой же причине напряжения в шкворневой балке головного конца кузова ниже, чем в шкворневой балке хвостового конца, где их величина не превышала 187 МПа. Распределение напряжений по сечениям хребтовой балки характерно для

Значения максимальных напряжений в элементах конструкции кузовов головного и моторного вагонов (доработанная конструкция)

Элемент конструкции	Допускаемые напряжения по I расчётному режиму, МПа	Максимальные экспериментальные напряжения на кузове головного вагона, МПа	Максимальные экспериментальные напряжения на кузове моторного вагона, МПа
Крыша	260	28	35
Дверной проём	260	130	76
Рама вагона. Балка хребтовая	345	331	301
Рама вагона. Балка шкворневая	345	271	244
Рама вагона. Боковая балка рамы	345	238	220
Рама вагона. Поперечная балка рамы	345	128	213

изгиба в горизонтальной плоскости и связано с изменением её геометрии в плане [13–15].

Боковые продольные балки воспринимают значительную долю продольных нагрузок, но имеют выраженную неравномерность распределения напряжений по сечениям, обусловленную дверными вырезами в боковинах и, как следствие, значительными изменениями геометрических характеристик несущих элементов кузова. Так, напряжения в зонах стыка продольных балок со шкворневыми почти в два раза выше, чем в средней части кузова. Действие других испытательных нагрузок (вертикальной, ремонтных и аварийных подъёмов) вызывает напряжения порядка 100–110 МПа лишь в отдельных точках конструкции. Средний же их уровень находится в пределах 30–60 МПа.

Из результатов предварительных испытаний моторного вагона следует, что наиболее напряжённым элементом конструкции является хребтовая балка в сечениях 3–3 и 5–5, где при первом расчётном режиме напряжения вплотную приближались к допускаемым. Нагрузкой, определяющей напряжённое состояние этих зон, становится сжимающая нагрузка по осям сцепных устройств 2,0 МН. Она привела к незначительной деформации упорной плиты сцепного устройства. Менее нагруженной показала себя шкворневая балка, в сечениях которой отсутствуют напряжения, превышающие допускаемые. Наибольшие значения зафиксированы на радиусах перехода нижнего листа и по кромкам верхнего листа в сечениях Iш–Iш и 0Iш–0Iш. В остальных элементах шкворневой балки напряжения

не превышают 100 МПа, и можно предположить излишний запас прочности для режима I.

Достаточно высокая жёсткость шкворневой балки позволяет передавать значительные нагрузки на боковые балки рамы, что определяет их оптимальную нагруженность в шкворневом сечении I–I. В углах оконных вырезов срединные значения напряжений находятся в пределах 70–80 МПа, такой же уровень отмечен в углах дверного выреза, оконных стойках, стрингерах, простенках. Действие ремонтных нагрузок не вызывает существенных изменений в напряжённом состоянии несущих элементов по сравнению с действием вертикальной нагрузки брутто. Исключение составляют углы оконных и дверных вырезов, но и в этих зонах уровень срединных напряжений не превышает 70–80 МПа. При подъёмке порожнего кузова массой тара двумя домкратами по диагонали наблюдалась местная упругая деформация обшивки кузова в зоне установки домкратов.

Экспертиза результатов статических испытаний в зонах максимальных напряжений показала, что это относится к нижним полкам продольных элементов хребтовой балки. Так, по сечению хребтовой балки 3–3 (см. рис. 6), расположенному в консольной части рамы, величина максимальных напряжений лежит в пределах от 315 до 332 МПа (точки 4 и 04). По сечению хребтовой балки 5–5, расположенному в её средней части и незначительно удалённому от шкворневой балки, величина максимальных суммарных напряжений несколько выше (точки 3 и 03 на рис. 6).





Для снижения уровня суммарных напряжений были предложены конструктивные решения, направленные на совершенствование этих зон:

- увеличение толщины упорной плиты сцепного устройства с 40 до 60 мм;
- увеличение толщины нижних пластин продольных элементов консольных частей хребтовой балки с 10 до 12 мм;
- приварка вдоль оси вагона между шкворневой балкой и поперечной балкой № 1 продольного элемента, состоящего из двух гнутых швеллеров высотой 80 мм и толщиной 5 мм, сваренных между собой по вертикали (образуют составной двутавр);
- на участке от поперечной балки № 1 до следующей поперечной балки (к середине вагона) вварка двух косынок размером 550 x 350 x 6 мм с отогнутой кромкой высотой 40 мм.

Эти усиления были реализованы на всех головных, моторных и немоторных вагонах двух первых составов электропоезда ЭГ2Тв. Повторные контрольные испытания подтвердили рациональность принятых решений.

В таблице 7 приведены обобщённые данные прочностных статических испытаний доработанной конструкции.

ВЫВОДЫ

1. По результатам расчётно-экспериментальных исследований выполнена оценка несущей способности кузовов вагонов электропоезда нового поколения ЭГ2Тв.

2. Установлено, что в отдельных узлах и зонах рамы кузовов нормальные напряжения вплотную приближаются к допускаемым уровням по первому режиму нагружения уровни [5]. К ним относятся:

- упорная плита сцепного устройства;
- продольные элементы консольных частей хребтовой балки;
- зона соединения продольных элементов хребтовой балки с поперечными балками рамы за шкворневой балкой к середине вагона.

3. Проведённая доработка рамы на всех моделях вагонов электропоезда

ЭГ2Тв, направленная на оптимизацию металлоконструкции кузовов, позволила снизить уровень суммарных напряжений, которые при воздействии нормативных нагрузок не превышали допускаемых значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Русанов О. А., Панкратов И. Г., Шур Я. И. Обеспечение нормативных значений частоты изгибных колебаний кузовов вагонов электропоездов // Вестник ВНИИЖТ. — 2005. — № 5. — С. 36–39.
2. Гучинский Р. В., Петин С. В. Учёт жесткости оборудования при проектировании кузовов вагонов электропоездов // Вестник РГУПС. — 2018. — № 1. — С. 32–39.
3. Чурков Н. А., Соколов М. М., Морчиладзе И. Г. Вагоны железных дорог. — М.: МБА, 2015. — 392 с.
4. Соколов М. М., Третьяков А. В., Морчиладзе И. Г. Контроль динамики железнодорожного подвижного состава. — М.: ИБС—Холдинг, 2007. — 358 с.
5. Нормы для расчёта и оценки прочности несущих элементов и динамических качеств экипажной части мотор-вагонного подвижного состава железных дорог МПС колеи 1520 мм. — М.: ВНИИВ — ВНИИЖТ, 1997. — 147 с.
6. ГОСТ 33796-2016. Мотор-вагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам. — М.: Стандартиформ, 2016. — 43 с.
7. ГОСТ Р 55434-2013. Электропоезда. Общие технические требования. — М.: Стандартиформ, 2013. — 38 с.
8. ТР ТС 001/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава». — Минск: Бел. ГИСС, 2012. — 46 с.
9. Перельмутер А. В., Сливкер В. И. Расчётные модели сооружений и возможность их анализа. — Киев: Сталь, 2002. — 600 с.
10. Бруякин И. В. Совершенствование технологии автоматизированного расчёта кузовов железнодорожных вагонов // Автоматизация и современные технологии. — 1995. — № 12. — С. 13–16.
11. Коршунов С. Д., Скачков А. Н., Самошкин С. Л., Гончаров Д. И., Жуков А. С. Методика расчётно-экспериментальных исследований кузовов современного подвижного состава // Известия ПГУПС. — 2015. — № 4. — С. 38–47.
12. Коршунов С. Д., Самошкин С. Л. Современные методы испытаний железнодорожного подвижного состава, прошедшего ремонты различных объёмов и вновь построенного // Вагонный парк. — 2012. — № 3. — С. 15–18.
13. Коршунов С. Д., Смирнов А. А., Щеглов А. С. и др. Прочностные статические испытания и оценка прочности металлоконструкции кузова вагона электропоезда нового поколения // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: Материалы XIII международной научно-техн. конференции. — СПб.: ПГУПС, 2018. — С. 90–95.
14. Гурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. — М.: Высшая школа, 1999. — 479 с.
15. Тензометрия в машиностроении: Справочное пособие / Под ред. Р. А. Макарова. — М.: Машиностроение, 1975. — 288 с. ●

Координаты авторов: **Скачков А. Н.** — +7(4822) 55–54–32, **Самошкин С. Л.** — +7 (4822) 79–40–33, **Коршунов С. Д.** — +7(4822) 55–93–07.

Статья поступила в редакцию 24.10.2018, принята к публикации 07.12.2018.

STUDY OF BODY STRENGTH OF NEW GENERATION ELECTRIC TRAIN CARS

Skachkov, Alexander N., CJSC Scientific Organization «Tver Institute of Wagon Building», Tver, Russia.
Samoshkin, Sergey L., CJSC Scientific Organization «Tver Institute of Wagon Building», Tver, Russia.
Korshunov, Sergey D., CJSC Scientific Organization «Tver Institute of Wagon Building», Tver, Russia.

ABSTRACT

Basing on computational-experimental methods, theoretical and experimental studies were carried out in Tver on carrying capacity of car bodies of electric trains of the new generation EG2Tv under the influence of various normative stresses. Based on the preliminary evaluation of stress-strain state individual components of the metal structure of

bodies were changed. The results of static strength tests showed that the main indicators of strength of the body fully comply with the requirements of standards and thus the rationality of the decisions made is confirmed. Taking into account the positive results of the tests, the bodies were transferred for further tests, namely, to determine the parameters of flexural vibrations.

Keywords: EG2Tv electric train, body metalwork, strength, bearing capacity, regulatory requirements, permissible stresses.

Background. The creation of EG2Tv electric train model 62-4496 was one of our joint innovative works with OJSC «Tver Car Building Plant». The main prerequisite for emergence of a new generation of electric trains was the need to improve economic efficiency of passenger transportation by intracity rail transport and to provide a modern level of comfort for passengers.

The train consists of three types of cars: the head model 62-4497, the motor model 62-4498, and the non-motored (trailed) model 62-4499. The train composition patterns are determined by the customer and may include from 5 to 12 cars of various types. Table 1 shows the main technical parameters of EG2Tv. In this case, the following designation of car models is accepted: head – H, motor – M, non-motored (trailed) – N. Electric train movement is carried out at speeds of up to 120 km/h in electrified sections of 3 kV DC.

A general view of a fully formed electric train is shown in Pic. 1.

Objective. The objective of the authors is to consider the issue of strengthening body strength of cars of the new generation train EG2Tv.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, simulation, computational and experimental methods, evaluation approach, statistical method.

Results.

I.

The bearing metal structures of an electric train's car bodies are generally similar, made of the same steel, and differ only in individual structural units, due to the purpose of the cars. The car bodies are an all-metal supporting structure of a closed shell type with cutouts for windows and doors, flat exterior paneling of side and end walls, a roof of the frame structure with flat corrugated paneling and cutouts for equipment, as well as a floor of corrugated sheets. Bearing shell is supported by longitudinal and transverse stiffeners. Body frames consist of longitudinal and transverse beams (main beam, framing, pivot, transverse beams), on which floor paneling is installed.



Pic. 1. Electric train EG2Tv «Oriole» (Ivolga) at the testing track of VNIIZhT. Photo: S. D. Korshunov.



Table 1

The main technical parameters of electric trains and cars

Parameter name	Parameter value			
	El. tr. 2H+3M	Electric train cars		
		H	M	N
Tare weight, not more, t	249,7	48,5	50,9	45,5
Number of seats, pcs.	226	24+2	58	58
Estimated occupancy (with a density of standing passengers 3 people/m ²), people	836	130	192	192
Maximum load from the wheel set on the rail, not more, tf	—	19	20,5	19
Total power (hourly), KW	3600	—	1200	—
Length of the electric train of the main composition, m	116	23,8	22,8	22,8
Car base, m	—	15,0	15,0	15,0
Bogie base, m	—	2,6	2,6	2,6
Bogie weight, not more, kg	—	7000	10000	7000
Service life, years	40	40	40	40

Table 2

Mechanical characteristics and allowable stresses (MPa) for steel

Strength grade, steel grade	$\sigma_{v \min}$	σ_t	I mode	II mode
			[σ]	[σ]
EN10088–2–X6GrNiTi 18–10+2B	370	260	260	175
345D, 09G2S/(09G2SD)	480	345	345/326	220/210

Table 3

Magnitude of main forces for calculating strength

Design parameters	Design modes	
	I	II
Longitudinal force, MN	-2,5	$\pm 0,4$
Vertical static load	gross body	gross body
Vertical dynamic load	not taken into account	K_d * gross body
Lateral forces	not taken into account	12,5 % from gross body

Note: sign «+» for tensile strength, sign «–» for compressive strength.

The driver's cabin of the head car is made as a separate module and is attached to the supporting structure of the body by bolted connections. The steel frame of the cabin has a truss structure, the elements of which are welded closed profiles of rectangular cross section. The cabin safe guard is formed of plastic panels. The supporting elements of the body frame are made of low-alloy steel 09G2S according to GOST [Russian state standard] 19281, the exterior paneling, the body frame is made of stainless steel EN10088 2 X6CrNiTi18–10+2B.

The main units of bogies comprise frame, two wheel sets, four sets of axle box suspensions, central suspension, disk brake, lemniscate mechanism, bandage cleaning units (if any), equipment of the combing system, mounting brackets for mounting KP-RS rail signals, electrical installation of the bogie. The frame is the supporting element of the structure. The whole complex of equipment ensuring the work of the bogie is mounted mainly on the frame or with support on it.

Two-stage suspension is axle box spring and pneumatic central. In the central suspension, two

pneumatic springs are applied, on which the car body rests.

Air springs with rubber-cord diaphragm shells with vibration-absorbing rubber-metal supports are installed on the supporting surfaces of the frame. Hydraulic dampers are used: vertical – to dampen the body's vertical oscillations relative to the bogie frame, horizontal – to dampen horizontal oscillations in the transverse direction, and wobble dampers – to dampen the oscillation of wobbling of the bogie.

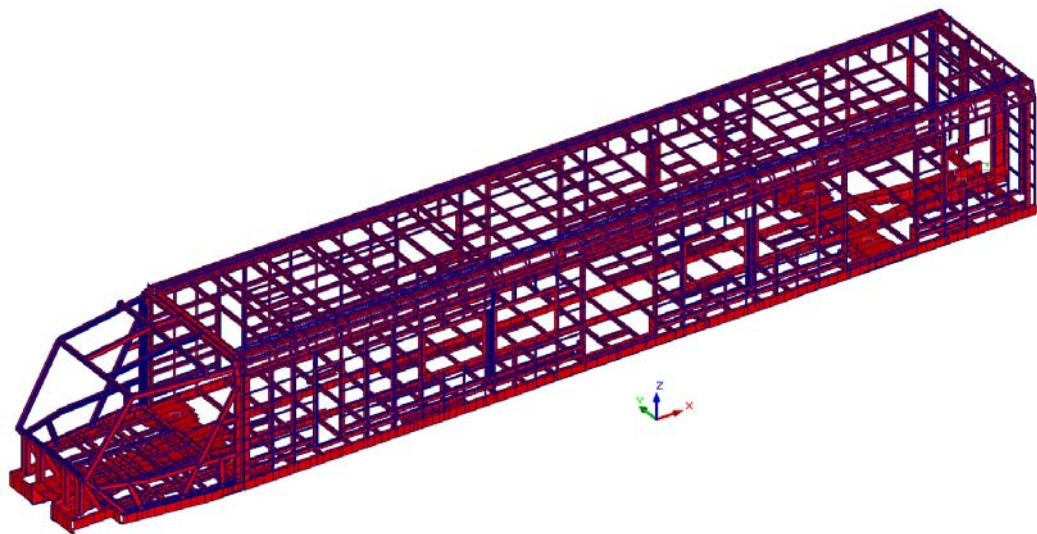
The wheel sets are made with wrought wheels and brake disks fixed on them, axle boxes are with roller rolling bearings. In axle box suspension, lever-type axle boxes with rubber-metal hinges are used to connect the wheel set to the bogie frame, sets of coil springs and hydraulic axle box dampers – for damping vertical oscillations of the bogie frame.

All bodies of electric train cars are longer compared to the cars of operational fleet and have wider doorways, increased capacity and additional equipment to ensure the modern level of comfort. In this regard, the requirements for the overall weight

Table 4

Reduced thickness (δ_{red}), elastic moduli and Poisson's ratios (E_x, ν_x, E_y, ν_y) for body panels

Panel name	δ , mm	δ_{red} , mm	E_x , MPa	ν_x	E_y , MPa	ν_y
Floor smooth	4,0	4,0	200000	0,3	200000	0,3
Floor corrugated	1,5	1,55	200000	0,3	479,4	0,00072
Lower and middle sidewall belts	2,0	2,0	200000	0,3	200000	0,3
Top belt of the side wall	2,0+1,0	3,12	200000	0,3	14652	0,022
Roof smooth	2,0	2,0	200000	0,3	200000	0,3
Roof corrugated	1,5	1,74	200000	0,3	323,0	0,00048
End wall	2,0	2,0	200000	0,3	200000	0,3



Pic. 2. Calculation scheme of the FEM of the body of the head car of the electric train (frame elements).

Table 5

Values of maximum design stresses (σ_x , MPa) in body paneling

Name of the structural element	σ_x			
	I mode	II mode(-)	II mode(+)	at repair loads
Flooring in the cabin	-235	114	144	94
Flooring in the driver's cab	-114	30	61	± 25
Side wall 1	-202	-118	141	-195
Side wall 2	-204	-119	144	-98
Roof	40	-50	-60	-72
End wall	36	14	24	-30

parameters of the body and their carrying capacity are of paramount importance [1, p. 37; 2, p. 34; 3, p. 204; 4, p. 61].

II.

Let's start with the calculation of the body at the example of the most complex head car.

Table 2 shows the strength characteristics and allowable stress of materials in manufacture of the body. The denominator indicates the calculated stresses for the spinal and pivot beams [5, p. 33; 6, p. 10; 7, p. 12; 8, p. 47].

When performing calculations, the following initial data were taken:

Length of the body frame – 22,140 m.

Car base – 15,000 m.

Body width outside framing – 3,476 m.

Height of the body from the top of the pivot beam to the top of the corrugation of the roof – 2,925 m.

Constructional speed – 33,3 m/s (120 km/h).

Coefficient of vertical dynamics (taking into account the influence of lateral forces) – 0,214.

Tare of the body in the equipped state – 36000 kg.

Workload – 19310 kg.

Strength calculations were performed regarding the loads shown in Table 3.

I mode – conditional safety mode. It takes into account the possibility of occurrence of significant longitudinal forces due to shunting, transportation and emergency collisions.

II mode – operational, takes into account the forces acting on the body during acceleration of the





Pic. 3. The application of the vertical load on the metal work of the car body with pneumatic equipment.

Table 6

Values of maximum calculated normal stresses (σ_x , MPa) in the elements of the body frame

Name of the structural element		Stress range on I mode
main beam	center of the car	from -183 to -223
	behind the driver's door	from -291 to -298
	under the window	from -221 to -269
	console behind the pivot beam	from -225 to -320
	console of the head end	from -141 to -256
pivot beam	right end of the car	from -187 to 214
	head end of the car	from -147 to -159
frame binding	in the area of the right door	from -245 to -252
	in the area of the middle door	from -156 to -175
cross beams	100×60×4	from -251 to 169
	100×60×5	from 228 to 264
	80×60×5	from -189 to 234
longitudinal beams	door pillars	from -168 to 230
	roof framing	from 138 to 263
	roof stringer	from -145 to -301
	cabin beams	from 120 to 204

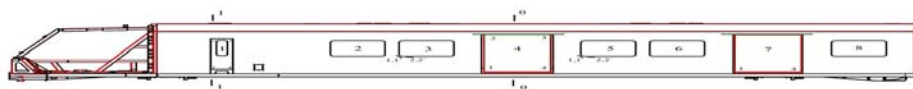
train to the design speed, running on the coast or braking from this speed when passing the curve.

To create the FEM computation scheme, the SCAD design and computing complex was used [9–10]. In the calculation, smooth sheets were modeled by isotropic flat elements, and the corrugated siding panels – by flat orthotropic elements having a reduced thickness (δ_{red}). The given thickness of cladding panels (δ_{red}), as well as elastic moduli and Poisson's ratios along (E_x , ν_x) and across (E_y , ν_y) of the panels are given in Table 4. For flat isotropic elements $E_x = E_y$, $\nu_x = \nu_y$ the frame elements were modeled by core elements. When creating a design scheme, an eccentric connection of frame elements with paneling was taken into account. A fragment of the design scheme is shown in Pic. 2. The scheme contains 6650 units, 11845 elements, the order of the system of equations is about 40000 unknowns.

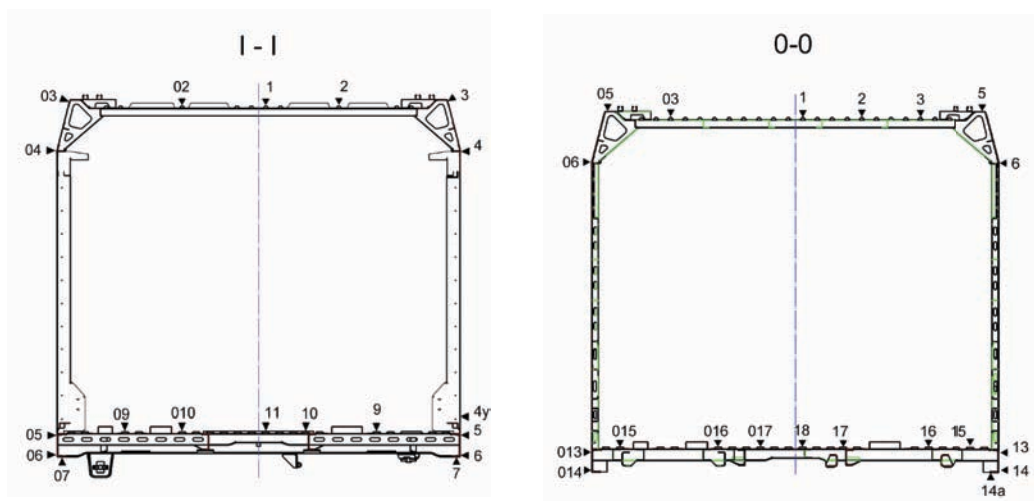
Fixing the design scheme in space as a solid when calculating by the modes was provided by four vertical Z-axis linear connections in the body mounting points on the pneumatic springs, two longitudinal linear connections along X axis at the place of application of the longitudinal load (at one end of the frame), as well as two additional cross linear links along Y axis at the ends of the body.

The vertical distributed load was applied across the floor area and the horizontal projection of the roof. The vertical load from equipment having a substantial mass was taken into account separately as a nodal load. Longitudinal forces with attached moment were applied to the front (tensile) or rear (compressive) resistant squares.

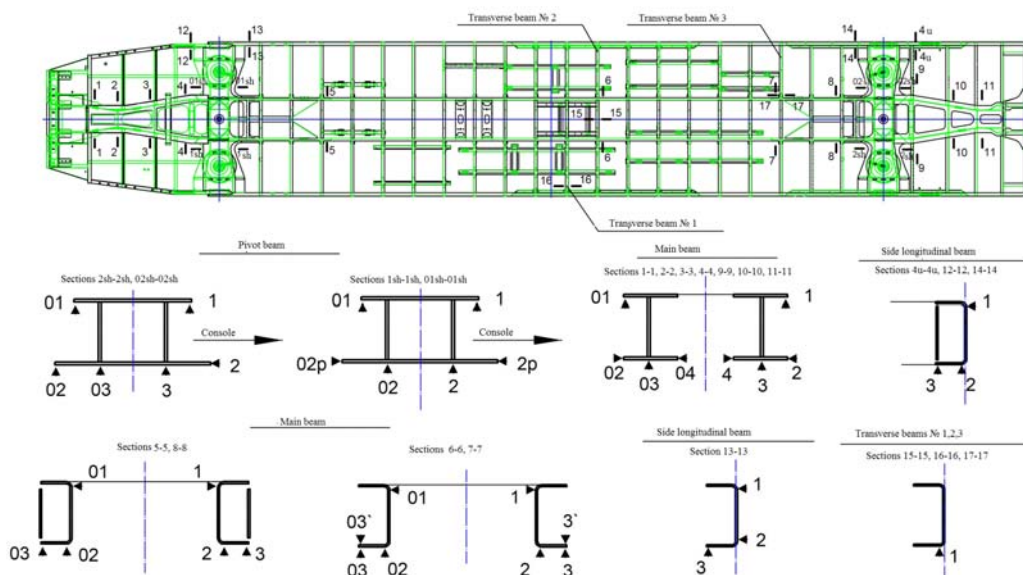
The results of the calculations are presented in tables 5 and 6, where the values of normal stresses for the most loaded elements of paneling and body frame are given.



Pic. 4. The layout of the considered sections on the body of the head car model 62-4497.



Pic. 5. Installation scheme of strain gauges in sections 0-0 and I-I of the car body of model 62-4497.



Pic. 6. Layout of cross sections and installation of strain gauges on the main bearing elements of the body of the head car model 62-4497.

Analysis of the calculation results showed that the head car bodies of EG2Tv electric train, as well as the motor (M) and non-motor (N) cars, meet the requirements for durability [5, p. 179].

III.

Body tests for durability under static action of normative loads were carried out in the premises of the experimental workshop of the car building institute

on a special stand equipped with a hydraulic power system with load-bearing devices and allowing to create longitudinal (tension-compression), as well as vertical and repair loads [11, 12].

Vertical dead weight and gross loads were created by regular pneumatic devices of the stand, discretely distributed on the floor of the car bodies. Pic. 3 shows the application of the vertical load on



Values of the maximum stress in the structural elements of the body of the head and motor cars (modified design)

Structural element	Allowable stresses on I design mode, MPa	Maximum experimental stresses on the body of the head car, MPa	Maximum experimental stresses on the body of the motor car, MPa
Roof	260	28	35
Doorway	260	130	76
Car frame. Main beam	345	331	301
Car frame. Pivot beam	345	271	244
Car frame. Side beam of the frame	345	238	220
Car frame. Cross beam of the frame	345	128	213

the metal structure of a motor car using pneumatic equipment.

During the tests the bodies were exposed to the standard static loads provided [5, p. 179; 6, p. 10].

Longitudinal loads:

- compression along the axles of coupling devices 1,0 MN;
- compression along the axes of coupling devices 2,0 MN;
- stretching along the axles of coupling devices 1,0 MN.

Vertical loads (according to the strength calculation):

- vertical load, imitating dead weight of the car body;
- vertical load, imitating gross weight of the car body.

The loads arising during repair:

- lifting the empty body bearing against the ends of the pivot beam;
- lifting the loaded body bearing against the ends of the pivot beam;
- lifting the empty body leaning on the ends of the pivot beams and using three jacks;
- lifting the empty body diagonally, bearing against the ends of the pivot beams;
- emergency lifting of the empty body leaning on the coupling device with imitation of the mass of the motor bogie of 10 tons.

The layouts of cross sections and placement of strain gauges on the body of the head car are shown in Pic. 4–6. For other models of cars they are not fundamentally different.

The experimental data obtained during testing of the metal structure of the head car body showed that the decisive load in terms of strength is compression along the axes of the coupling devices, and the main unit loaded is the body frame. In this case, the main part of the longitudinal loads is perceived by main and pivot beams. The highest stresses were recorded in the zones of connection of the main and pivot beams, where they reached 331 MPa in the rear section of the body, and slightly lower at the head, which is associated with transfer of the part of the load by the beams of the driver's cab frame to the bearing elements of the body. For the same reason, the stresses in the pivot beam of the head end of the body are lower than in the pivot beam of the rear end, where their value did not exceed 187 MPa. The stress distribution over the cross-section of the main beam is typical for bending in the horizontal plane and is associated with a change in its geometry in the plan [13–15].

Side longitudinal beams perceive a significant proportion of longitudinal loads, but have a pronounced

uneven distribution of stresses across sections, due to door cuts in the sidewalls and, as a result, significant changes in the geometric characteristics of the bearing elements of the body. Thus, the stress in the areas of joint of the longitudinal beams with the pivots is almost two times higher than in the middle part of the body. The effect of other test loads (vertical, repair and emergency lifts) causes stresses of the order of 100–110 MPa only at certain points of the structure. Their average level is within 30–60 MPa.

From the results of the preliminary testing of the motor car, it follows that the most intense structural element is the main beam in sections 3–3 and 5–5, where, in the first design mode, the stresses came close to the allowable. The load that determines the stress state of these zones becomes a compressive load of 2,0 MN along the axes of the coupling devices. It led to the slight deformation of the hitch plate of the coupling device. The pivot beam proved to be less loaded, its sections showed no stresses exceeding the allowable ones. The largest values were fixed at the radii of transition of the lower sheet and along the edges of the upper sheet in the sections Ish-Ish and Olsh-Olsh. In the other elements of the pivot beam, the stresses did not exceed 100 MPa, and it is possible to assume an excess safety factor for mode I.

The sufficiently high rigidity of the pivot beam makes it possible to transfer considerable loads to the side beams of the frame, which determines their optimal loading in the pivot section I–I. In the corners of the window cut-outs, the median stress values are within 70–80 MPa, the same level is noted in the corners of the door cut-out, window pillars, stringers, and piers. The effect of repair loads does not cause significant changes in the stress state of the bearing elements compared to the effect of the vertical gross load. The exceptions are the corners of the window and door cuts, but in these zones the level of median stresses does not exceed 70–80 MPa. When lifting an empty body with unladen weight with two jacks diagonally, the local deformation of the exterior paneling of the body in the jack installation zone is observed.

Examination of the results of static tests in the areas of maximum stresses showed that this applies to the lower shelves of the longitudinal elements of the main beam. Thus, over the cross section of the spinal beam 3–3 (Fig. 6), located in the console part of the frame, the magnitude of the maximum stresses lies in the range from 315 to 332 MPa (points 4 and 04). Over the cross section of the main beam 5–5, located in its middle part and slightly removed from the pivot beam, the magnitude of the maximum total stresses is somewhat higher (points 3 and 03 in Pic. 6).

To reduce the level of total stresses constructive solutions were proposed aimed at improving these zones:

- to increase thickness of the hitch plate of the coupling device from 40 to 60 mm;
- to increase thickness of the lower plates of the longitudinal elements of the cantilever parts of the main beam from 10 mm to 12 mm;
- to weld along the axis of the car between the pivot beam and the transverse beam No. 1 a longitudinal element consisting of two bent channels 80 mm high and 5 mm thick, welded vertically together (form a composite I-beam);
- to weld into the area from the transverse beam No. 1 to the next transverse beam (to the middle of the car), two sheet plates measuring 550 x 350 x 6 mm with a bent of 40 mm high.

These reinforcements were implemented on all head, motor and non-motor cars of the first two trains of EG2Tv electric train. Repeated control tests confirmed the rationality of the decisions taken.

Table 7 summarizes the static test data of the modified structure.

Conclusions.

1. According to the results of computational and experimental studies, assessment was made of the load-carrying capacity of the car bodies of the new generation EG2Tv electric train cars.

2. It has been established that in certain units and areas of the body frame normal stresses come close to the allowed in the first loading mode [5]. These include:

- hitch plate of the coupling device;
- longitudinal elements of the console parts of the main beam;
- zone of connection of the longitudinal elements of the main beam with the transverse beams of the frame behind the pivot beam to the middle of the car.

3. The carried out final development of the frame on all models of electric train EG2Tv cars, aimed at optimization of metal structures of bodies, allowed to reduce the level of total stresses, which under the influence of normative stresses did not exceed the allowed values.

REFERENCES

1. Rusanov, O. A., Pankratov, I. G., Shur, Ya. I., Providing regulatory values of the frequency of flexural oscillations of the body of electric train cars [Obespechenie normativnykh znachenii chastoty izgibnykh kolebaniy kuzovov vagonov elektropoezdov]. *Vestnik VNIIZhT*, 2005, Iss. 5, pp. 36–39.
2. Guchinsky, R. V., Petinov, S. V. Accounting for rigidity of equipment when designing the bodies of electric train cars [Uchet zhestkosti oborudovaniya pri proektirovani kuzovov vagonov elektropoezdov]. *Vestnik RGUPS*, 2018, Iss. 1, pp. 32–39.
3. Churkov, N. A., Sokolov, M. M., Morchiladze, I. G. Railway cars [Vagony zheleznykh dorog]. Moscow, MBA, 2015, 392 p.
4. Sokolov, M. M., Tretyakov, A. V., Morchiladze, I. G. Control of the dynamics of railway rolling stock [Kontrol

dinamiki zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava]. Moscow, IBS-Holding, 2007, 358 p.

5. Standards for calculating and assessing the strength of bearing elements and dynamic qualities of the vehicle part of motor car rolling stock of railways of 1520 mm gauge [Normy dlya rascheta i otsenki prochnosti nesushchikh elementov i dinamicheskikh kachestv ekipazhnoi chasti motorvagonnogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm]. Moscow, VNIIV–VNIIZhT, 1997, 147 p.

6. GOST 33796–2016. Motor car rolling stock. Requirements for strength and dynamic qualities [GOST 33796–2016. Motorvagonniy podvizhnoy sostav. Trebovaniya k prochnosti i dinamicheskim kachestvam]. Moscow, Standardinform publ., 2016, 43 p.

7. GOST R55434–2013. Electric trains. General technical requirements [GOST R55434–2013. Elektropoezda. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya]. Moscow, Standardinform publ., 2013, 38 p.

8. TR CU001/2011. Technical Regulations of the Customs Union «On safety of railway rolling stock» [TR TS001/2011 Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza «O bezopasnosti zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava»]. Minsk, Bel. GISS, 2012, 46 p.

9. Perelmutor, A. V., Slivker, V. I. Design models of structures and possibility of their analysis [Raschetnie modeli sooruzhenii i vozmozhnost ih analiza]. Kiev, Stal publ., 2002, 600 p.

10. Bruyakin, I. V. Improving the technology of automated calculation of railway car bodies [Sovershenstvovanie tekhnologii avtomatizirovannogo rascheta kuzovov zheleznodorozhnykh vagonov]. *Avtomatizatsiya i sovremennye tekhnologii*, 1995, Iss. 12, pp. 13–16.

11. Korshunov, S. D., Skachkov, A. N., Samoshkin, S. L., Goncharov, D. I., Zhukov, A. S. Methodology of computational and experimental studies of the bodies of modern rolling stock [Metodika raschetno-eksperimentalnykh issledovaniy kuzovov sovremennogo podvizhnogo sostava]. *Izvestiya PGUPS*, 2015, Iss. 4, pp. 38–47.

12. Korshunov, S. D., Samoshkin, S. L. Modern methods of testing rolling stock that has undergone repairs of various volumes and newly built [Sovremennye metody ispytaniy zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava, proshedshego remonty razlichnykh ob'emov i vnov' postroennogo]. *Vagonnii park*, 2012, Iss. 3, pp. 15–18.

13. Korshunov, S. D., Smirnov, A. A., Shcheglov, A. S. [et al]. Static strength tests and strength assessment of metal structures of the car body of a new generation electric train [Prochnostnie staticheskie ispytaniya i otsenka prochnosti metallokonstruktsii kuzova vagona elektropoezda novogo pokoleniya]. *Rolling stock of 21st century: ideas, requirements, projects: Proceedings of 13th international scientific-technical conference*. St. Petersburg, PGUPS publ., 2018, pp. 90–95.

14. Gurman, V. E. The theory of probability and mathematical statistics [Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 1999, 479 p.

15. Tensometry in mechanical engineering: a reference guide [Tenzometriya v mashinostroenii: Spravochnoe posobie]. Ed. by R. A. Makarov. Moscow, Mashinostroenie publ., 1975, 288 p.

Information about the authors:

Skachkov, Alexander N. – Ph.D. (Eng), director of CJSC Scientific Organization «Tver Institute of Wagon Building», Tver, Russia, +7(4822) 55–54–32.

Samoshkin, Sergey L. – D.Sc. (Eng), head of the department of Scientific and technical support and development of CJSC Scientific Organization «Tver Institute of Wagon Building», Tver, Russia, +7 (4822) 79–40–33.

Korshunov, Sergey D. – Ph.D. (Eng), head of the Testing laboratory of CJSC Scientific Organization «Tver Institute of Wagon Building», Tver, Russia, +7(4822) 55–93–07.

Article received 24.10.2018, accepted 07.12.2018.



ОБНОВЛЕНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА МОСКОВСКОГО МЕТРО



Ещё три поезда нового поколения «Москва» начали перевозить пассажиров в столичном метро с начала 2019 года. Они курсируют на Таганско-Краснопресненской линии.

«Теперь в метрополитене ходит 105 инновационных составов на Таганско-Краснопресненской, Калужско-Рижской, Филёвской, Солнцевской и Большой кольцевой линиях. До конца года в метро поставят ещё 66 поездов «Москва». После их запуска на линиях будет работать 171 инновационный состав — это порядка 20 процентов от общего количества поездов метрополитена», — рассказал заместитель мэра Москвы, руководитель департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Максим Ликсутов.

Впервые поезда «Москва» запустили в 2017 году на самой загруженной линии подземки — Таганско-Краснопресненской, где суточный пассажиропоток достигает 1,2 миллиона человек. А весной 2018-го инновационные составы появились на Калужско-Рижской линии.

В поездах «Москва» есть сквозной проход через все вагоны. Они удобны для маломобильных пассажиров: в них более широкие дверные проёмы, а в головных вагонах есть специальные места для инвалидных колясок. Кроме того, в вагонах

можно заряжать смартфоны и планшеты с помощью USB-портов, а сенсорные мониторы на стенах помогают найти нужные станции, проложить маршрут и рассчитать время в пути.

Новые составы на 15 процентов вместительнее. Благодаря большому количеству мест, улучшенной системе кондиционирования, усиленной шумоизоляции поездки в метро стали комфортнее.

На Филёвской линии ходят модернизированные поезда «Москва». Их дорабатывали специально для движения по открытым участкам (семь из тринадцати станций голубой ветки находятся на поверхности). В головных вагонах часть сидений развернули поперёк, чтобы пассажирам было удобнее смотреть в окна. Вместо обычных навигационных табло над дверями установили яркие дисплеи: информация на них видна даже на солнце.

На дверях модернизированных поездов появились кнопки, благодаря которым они открываются по мере необходимости. Это позволяет сохранить в вагонах прохладу летом и тепло зимой. За комфортный микроклимат отвечает современная система кондиционирования и отопления.

В одном из промежуточных вагонов некоторые кресла сделали складными, чтобы в поезд могло поместиться больше человек. Кожаную обивку сидений заменили на тканевую. Согласно исследованиям столичного департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры, пассажиры считают её более удобной.

На Солнцевской и Большой кольцевой линиях (БКЛ) поезда «Москва» начали ходить в день открытия станции «Савёловская» БКЛ — 30 декабря 2018 года.

В будущем планируется разработать улучшенную модель поездов «Москва». Обновлённую версию могут запустить в метро в 2020 году.

Информация с сайта мэра Москвы:
<https://www.mos.ru/news/item/50578073> ●



EXPRESS INFORMATION



RENEWAL OF MOSCOW METRO TRAINS

Three new-generation Moskva trains have started carrying passengers on the metro's Tagansko-Krasnopresnenskaya Line (No. 7) since early 2019.

«The metro now operates 105 innovative trains on the Tagansko-Krasnopresnenskaya, Kaluzhsko-Rizhskaya (No. 6), Filyovskaya (No. 4), Solntsevskaya (No. 8A) and Big Circle (No. 11) lines. Additional 66 Moskva trains will have been delivered by the end 2019, bringing their total number to 171. They will account for about 20 percent of all metro trains», said Deputy Moscow Mayor and Head of the Department of Transport and Road Infrastructure Development Maxim Liksutov.

In 2017, the first Moskva trains started operating on the most congested Tagansko-Krasnopresnenskaya Line that handles up to an average of 1,2 million passengers daily. Since spring of 2018 these innovative trains have started running on the Kaluzhsko-Rizhskaya Line.

Moskva trains have gangway connections and provide comfortable accommodation for people with disabilities. They have wider doors, and their head-end carriages have places for wheelchairs. It is also possible to recharge smartphones and tablet computers using the carriages' USB ports, and their wall-mounted touchscreens help passengers plan their travel and calculate how long they will take.

The new trains carry 15 percent more passengers. They have more seats, an improved heating system, ventilation and air conditioning and additional soundproofing that provide for more comfortable trips.

The improved Moskva trains running on the Filyovskaya Line have been especially adapted for an open-air environment because 7 of the line's 13 stations are located on the surface. Some of the head-end carriages' seats are located perpendicular to the windows, providing an excellent view. Standard navigation panels above the doors have been replaced with brighter screens that are clearly visible even in broad daylight so all passengers know where they are going and won't get lost.

It is possible to open the doors of the upgraded trains simply by pushing a button. This will help keep the trains warm in winter and cool in summer. A modern HVAC system maintains a comfortable microclimate.

A carriage in the train's midsection has additional folding seats for accommodating even more passengers during the rush hour. The seats' former faux leather upholstery has now been replaced with fabrics. According to experts of Moscow Department of Transport and Road Infrastructure, passengers enjoy sitting on the seats made of such material and find it much more comfortable.

Savyolovskaya station opened on 30 December 2018, with Moskva trains serving it via Solntsevskaya and Big Circle lines.

There are plans to develop an improved modified version of Moskva trains, that can be operated in metro in 2020.

Information retrieved from Moscow Mayor Web-site: <https://www.mos.ru/en/news/item/50578073> ●





НОВЫЕ АВТОБУСЫ, ЭЛЕКТРОБУСЫ И ТРАМВАИ ДЛЯ МОСКВЫ В 2019 ГОДУ



Фото: Пресс-служба мэра и правительства Москвы. Денис Гришкин.

В 2019 году по улицам Москвы начнут ходить 1700 новых автобусов, трамваев и электробусов. Об этом на заседании президиума правительства Москвы сообщил заместитель мэра столицы, руководитель департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Максим Ликсутов.

Помимо этого, планируется обустроить 32 километра выделенных полос и 60 километров обособленных трамвайных путей. Также город будет развивать альтернативные виды транспорта. «Ожидаем к летнему сезону поступление в пункты велопроката тысячи новых велосипедов, а также 15 тысяч новых автомобилей такси в течение всего года и пять тысяч новых автомобилей каршеринга», — отметил Ликсутов.

Отдельное внимание уделять улучшению электронных сервисов: мобильных приложений системы «Московский транспорт», программы лояльности «Город» для владельцев карты «Тройка» и других.

Продолжат работу по повышению безопасности дорожного движения и сниже-

нию аварийности на дорогах столицы. Планируется развивать персональный подход к каждому пассажиру с учётом его потребностей.

Всего с 2010 года было закуплено 9993 автобуса, трамвая, троллейбуса и электробуса. В прошлом году в столице полностью завершили обновление автобусного парка — теперь в нём только новый низкопольный экологически чистый подвижной состав.

В сентябре 2018 года на улицах Москвы появился электробус — пассажирский транспорт нового поколения. Сегодня в столице работают 45 электробусов на пяти маршрутах. Они перевезли уже более миллиона пассажиров.

Общественный транспорт становится всё популярнее. Так, за 2018 год на нём было совершено 5,6 миллиарда поездок — это на 460 миллионов поездок больше, чем в 2010-м.

Информация с сайта мэра Москвы:
<https://www.mos.ru/mayor/themes/2299/5348050> ●



EXPRESS INFORMATION

NEW BUSES, ELECTRIC BUSES, TRAMS FOR MOSCOW IN 2019

The Moscow city is to start operating 1,700 new buses, trams and electric buses in 2019, Deputy Moscow Mayor and Head of the City Department of Transport and Road Infrastructure Development Maxim Liksutov said at a Moscow Government Presidium meeting.

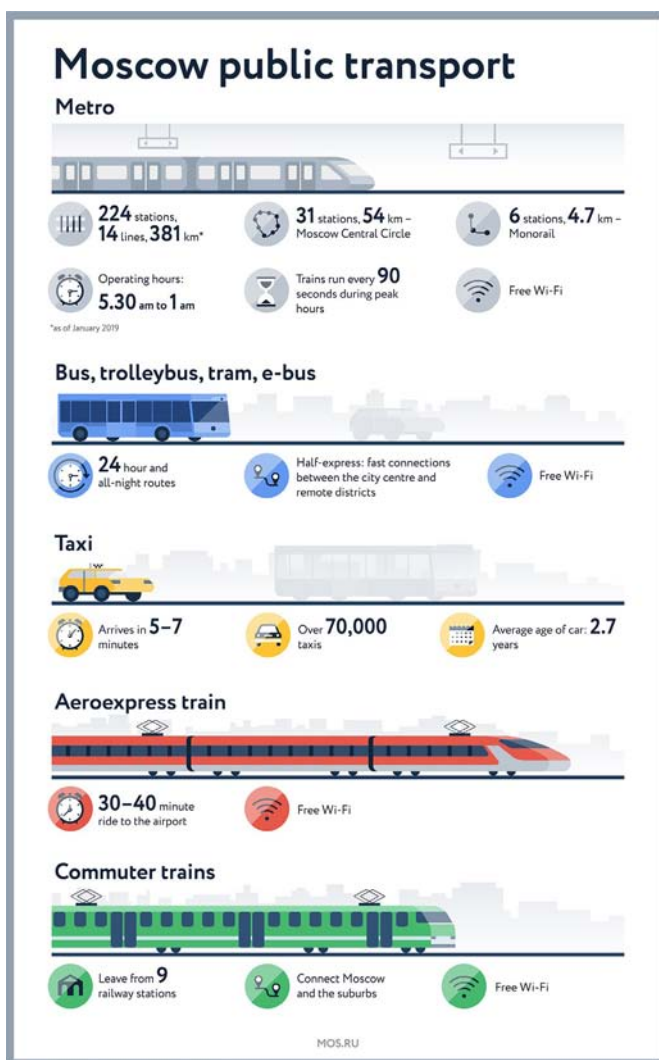
The city also plans to set up 32 kilometres of designated vehicle lanes and 60 kilometres of enclosed tram tracks. In addition, the city will continue to develop alternative transport systems. «Bike-sharing stations are to receive 1,000 new bicycles in the run-up to the summer season. Moreover, 15,000 new taxi cabs and 5,000 car-sharing vehicles will be delivered throughout 2019», Mr Liksutov noted.

The city will also improve online services, including Moscow Transport mobile apps, the City loyalty programme for Troika card holders, and others.

Efforts will be made to boost road traffic safety and to reduce road accident rates. Local authorities also want to focus on each passenger's personal requirements.

Since 2010, the city has purchased 9,993 buses, trams, trolleybuses and electric buses. The local bus fleet had been renewed completely by 2018, with the introduction of new, low-floor and environmentally-friendly vehicles.

September 2018 was the month of the inauguration of the first electric bus launched to operate a city line, marking the



implementation of a new-generation passenger system. Today, the city operates 45 electric buses on five routes; they have carried over one million passengers to date.

The public transport system is becoming more and more popular, carrying 5,6 billion passengers in 2018, 460 million more than in 2010.

Information retrieved at Moscow Mayor
Web-site: <https://www.mos.ru/en/news/item/50354073> ●



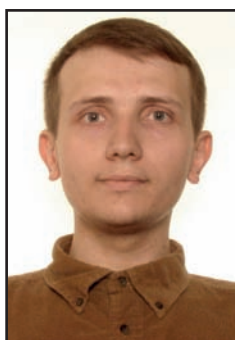


Повышение помехоустойчивости цифровых систем радиосвязи с угловой модуляцией



Анатолий ВОЛКОВ
Anatoly A. VOLKOV

Максим МОРОЗОВ
Maxim S. MOROZOV



Волков Анатолий Алексеевич — доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Морозов Максим Сергеевич — инженер отдела автоматизации, телемеханики и связи АО «Метрогипротранс», Москва, Россия.

Improving Noise Immunity of Digital Radio Systems with Angular Modulation

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 95)

Для повышения в два раза помехоустойчивости цифровой радиосвязи транспортных систем с частотной манипуляцией предлагается использовать способ когерентного детектирования частотно-манипулированных сигналов (ЧМн) вместо детектирования по огибающей. При этом достигается устранение обратной работы когерентного детектора сигналов с абсолютной фазовой манипуляцией (ФМн) на 180° за счёт последетекторной обработки сигналов. Такая обработка возможна с участием частотного детектора на расстроенных контурах с подключённым к нему триггером.

Ключевые слова: железная дорога, радиосвязь, частотная, амплитудная и фазовая манипуляции, помехоустойчивость, когерентное детектирование, опорное колебание, абсолютная фазовая манипуляция на 180°, обратная работа когерентного детектора и её устранение.

В железнодорожной радиосвязи [1] используется исключительно узкополосная ЧМ, а уровень помех при этом существенно высок, делая связь не всегда удовлетворительной.

Помехоустойчивость и частотная эффективность являются наиболее значимыми показателями качества радиосвязи, поскольку помехоустойчивость связана с безопасностью движения транспортных средств, а частотная эффективность способствует снижению дефицита частотного ресурса. Эффективность радиосвязи характеризуется критериями, которые следуют из известной формулы Шеннона [2, с. 308] для пропускной способности C канала связи. Авторами показано [3, с. 29], что формула Шеннона позволяет связать между собой не два, как обычно [4, с. 3; 5, с. 69; 6, с. 117; 7, с. 120], а три основных критерия. Для этого необходимо разделить левую и правую часть указанной формулы, а также мощности сигнала P_c и шума $P_{\text{ш}}$ под её логарифмом на скорость передачи информации R , а не просто заменить C на R [3] с делением под логарифмом. В результате имеем:

$$C/R = F/R \cdot \log(1 + P_c/P_{\text{ш}} \cdot R/R),$$

или $1 = \eta/\alpha \cdot \log(1 + \alpha/\beta),$

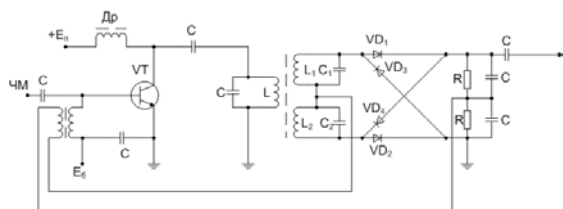


Рис. 1. Принципиальная схема разработанного частотного детектора.

или $2 = (1 + \alpha/\beta)^{\eta/\alpha}$, (1)
где $\alpha = R/F$ – критерий частотной эффективности;

$$\beta = \frac{R}{P_c / N_0} \text{ – критерий энергетической}$$

эффективности;

$\eta = R/C$ – критерий эффективности использования пропускной способности канала (информационный КПД).

В этом случае третий критерий (η -эффективность) связан аналитически с критериями α и β согласно (1). К β -эффективности относят помехоустойчивость железнодорожной радиосвязи.

1. КОГЕРЕНТНОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ

Переход с аналогового на цифровой модулирующий сигнал [10, с. 147; 11, с. 197; 12, с. 195], которым осуществляется частотная модуляция, чаще называемая частотной манипуляцией (ЧМн), обеспечивает более высокую помехоустойчивость, но не предельную. Частотно-манипулированный сигнал состоит из двух амплитудно-манипулированных (АМн) сигналов на своих поднесущих. Поэтому детектор ЧМн сигнала состоит из двух параллельных детекторов по огибающей расфильтрованных АМн сигналов, выходы которых подключены к вычитающему устройству.

При когерентном детектировании исключается квадратурная составляющая помехи, отчего эта мощность уменьшается в среднем в два раза, а помехоустойчивость увеличивается в то же число раз, чего нет при детектировании АМн сигнала по огибающей. Применить когерентное детектирование при расфилтровке ЧМн колебания затруднительно из-за вероятности получения колебания несущей частоты. Авторами предложен иной способ [8, с. 2] когерентного детектирования сигналов с угловой модуляцией. Сигнал ЧМн преобразуется в АМн сигнал, несущим колебанием которого является ЧМн колебание, т.е. преобразуется в АЧМн колебание. Последнее затем перемножа-

ется с его же колебанием несущей частоты – ЧМн колебанием.

Схема разработанного [8, с. 2] когерентного детектора ЧМн сигналов представлена на рис. 1. Она состоит из завершающего каскада УПЧ приёмника, нагрузкой которого является колебательный контур, настроенный в резонанс на промежуточную частоту f_{np} . Этот контур индуктивно связан с двумя контурами, расстроенными симметрично и противоположно относительно f_{np} , как показано на рис. 2. Оба контура соединены между собой непосредственно, а их выходы подключены ко входам кольцевого балансного перемножителя (КБП). Выходы КБП в свою очередь подключены к входам двух RC цепочек, соединённых между собой. На входе УПЧ включён трансформатор, вторичная обмотка которого подключена к средним точкам КБП – точкам соединения расстроенных контуров и RC-цепочек. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) расстроенных контуров образует линейный участок вокруг f_{np} , в три раза больший, чем у одиночного расстроенного контура. Этот линейный участок АЧХ преобразует входной ЧМн сигнал в АМн сигнал, несущим колебанием которого является входное ЧМн колебание, то есть преобразует в АЧМн колебание.

На средние точки КБП подаётся входное ЧМн колебание постоянной амплитуды, которое является колебанием несущей частоты для АЧМн сигнала. В результате перемножения в КБП сигналов АЧМн и ЧМн и фильтрации в RC-цепочках получается переданный цифровой сигнал (рис. 2). Аналитически это проще показать для гармонического модулирующего сигнала $b(t) = U_{sin}\Omega t$.

$$\begin{aligned} u_n(t) &= u_{AЧМн}(t) \cdot u_{ЧМн}(t) = \\ &= U_m \cdot [1 + M\cos\Omega t] \cdot \cos[\omega_{np}t + \\ &+ M\sin\Omega t] \cdot U_m \cos[\omega_{np}t + M\sin\Omega t] = \\ &= U_m^2 \cdot [1 + M\sin\Omega t] \cdot \cos^2[\omega_{np}t + \\ &+ M\sin\Omega t] = U_m^2 \cdot [1 + M\sin\Omega t] \cdot \\ &\cdot (1 + \cos 2(\omega_{np}t + M\sin\Omega t)/2) = \\ &= 0,5M \cdot U_m^2 \sin\Omega t + C + \text{в.ч.}, \end{aligned} \quad (2)$$

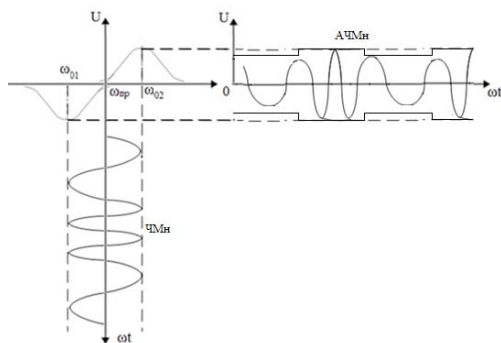


Рис. 2. Преобразование сигналов: ЧМн в АЧМн.

где в.ч. — высокочастотная составляющая, которая устраняется фильтром (RC-цепочками), а С — постоянная составляющая, которая устраняется разделительным конденсатором, что подтверждает компьютерное моделирование.

Хотя когерентное детектирование ЧМн сигнала предложенным способом позволяет повысить помехоустойчивость железнодорожной радиосвязи в два раза, она не является, как уже подчёркивалось, максимально возможной. Максимально возможную, согласно теоретическим постулатам, обеспечивает абсолютная ФМн на 180° .

2. МАКСИМАЛЬНАЯ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ

Абсолютная ФМн на 180° не используется на практике из-за «обратной работы» когерентного детектора её сигналов, когда «1» цифрового сигнала принимается за «0», а «0» — за «1», т.е. наоборот. Вместо абсолютной используется относительная ФМн (ОФМн) на 180° , которая не только уступает абсолютной по помехоустойчивости в два раза, но и имеет более сложную аппаратуру. Поэтому представляет интерес разработка способа когерентного детектирования сигналов с абсолютной ФМн на 180° без обратной работы.

Когерентный детектор состоит из перемножителя сигналов с ФНЧ на его выходе, в котором перемножаются между собой входной сигнал $u_{\text{вх}}(t)$ с абсолютной ФМн на 180° и опорное колебание $u_0(t)$, полученное из этого входного сигнала. Авторами показано [9, с. 74], что во всех когерентных детекторах сигналов с абсолютной ФМн на 180° полученное опорное колебание $u_0(t) = \pm \sqrt{u_{\text{вх}}^2(t)}$. Поскольку перед квадрат-

ным корнем стоит знак $\pm$, то у опорного колебания $u_0(t)$ будут случайные скачки фазы на 180° не только от действия помех, но и от других процессов в приёмнике. Эти скачки фазы на 180° и порождают обратную работу когерентного детектора сигналов с абсолютной ФМн на 180° .

Так как $u_0(t) = \pm \sqrt{u_{\text{вх}}^2(t)}$, то обратная работа когерентного детектора сигналов с абсолютной ФМн на 180° , состоящего из перемножителя, ФНЧ и формирователя опорного колебания, неустраима, что доказано на практике. Однако последетекторная обработка её сигналов дополнительными блоками позволяет устранить обратную работу когерентного детектора [9, с. 73]. Например, в детекторе Пистолькорса $u_0(t)$ фильтруется двумя резонансными контурами первой и второй гармоник, и поэтому опорное колебание получается, по сути, без помех, но со случайными скачками фазы на 180° .

Авторами предложено на выходе ФНЧ детектора использовать регенератор (нелинейное устройство — допустим, усилитель-ограничитель амплитуды), восстанавливающий искажённые импульсы и подавляющий помехи, но не исправляющий обратную работу когерентного детектора. Если же перемножить знакопеременный продетектированный сигнал $b(t)$ и опорное гармоническое колебание, то получим сигнал с абсолютной ФМн на 180° без скачков фазы на 180° и без помех. Отсутствие скачков фазы проще показать при перемножении гармонических сигналов:

$$u_2(t) = b(t) \cdot u_0(t) = U_1(t) \cdot \cos(\Omega t + 180^\circ) \cdot \cdot U_2(t) \cdot \cos(\omega t + 180^\circ) = U_1 U_2 [\cos(\omega + \Omega)t + \cos(\omega - \Omega)t].$$

Такой ФМн на 180° сигнал без помех и искажений можно когерентно продетектировать схемой, показанной на рис. 1, добавив к выходу ФНЧ триггер.

Абсолютная ФМн на 180° может быть получена путём перемножения знакопеременных дискретных сигналов и гармонического несущего колебания $u_n(t) = U_m \cos \omega t$, что позволяет её представить аналитически:

$$\begin{aligned} u_{\text{фмн}}(t) &= \gamma(t) \cdot u_n(t) = \gamma(t) \cdot U_m \cos \omega t = \\ &= U_m \cos(\omega t + \gamma(t)90^\circ - 90^\circ) = \\ &= U_m \cos(\omega t + (\gamma(t) - 1) \cdot 90^\circ), \end{aligned} \quad (3)$$

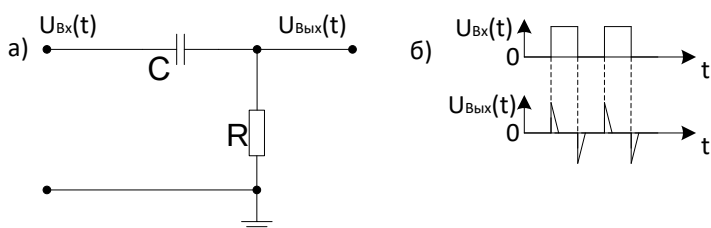


Рис. 3.
Дифференцирующая
RC-цепочка (а), график
импульсов на входах
и выходах цепочки (б).

где $\gamma(t) = \pm 1$ – знакопеременный модулирующий сигнал.

Известно, что ФМ всегда сопровождается ЧМ, так как круговая частота $\omega(t)$ и фаза $\phi(t)$ связаны соотношением $\omega(t) = d\phi(t)/dt$. Частоту $\omega(t)$ можно определить по начальной фазе (1), т.е. по $b(t) = \gamma(t) \cdot 90^\circ - 90^\circ$. Для аналитического выражения ЧМн составляющей (3) разложим периодический модулирующий дискретный сигнал прямоугольной формы в ряд Фурье [6, с. 61] и получим:

$$b(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \sin k\Omega t. \quad (4)$$

Отсюда

$$\frac{db(t)}{dt} = \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} \cos k\Omega t \right).$$

Для наглядности этого выражения пропустим периодическую последовательность прямоугольных импульсов через дифференцирующую RC-цепочку, представленную на рис. 3а, и выведем выходной сигнал на осциллограф. При этом постоянная дифференцирующей цепочки $\tau = RC \ll T$, где T – длительность элементарной посылки (импульса или паузы). Как видно, на выходе дифференциатора (рис. 3б) имеет место только фронт и срез каждого входного прямоугольного импульса. Если к выходу дифференцирующей цепочки подключить триггер (интегрирующее устройство), то на его выходе получим входные прямоугольные импульсы.

Схема разработанного когерентного детектора сигналов с абсолютной ФМн на 180° представлена на рис. 4. Она состоит из перемножителя сигналов П1, ФНЧ на его выходе, формирователя опорного колебания (ФОК), через который соединены между собой первые и вторые входы перемножителя П1, а также подключенные последовательно к ФНЧ регенератор Р, второй перемножитель П2, дополненный когерентным частотным детектором КД,

триггера ТГ. Второй вход П2 соединён с выходом ФОК.

В этом случае на линейный участок ФЧХ расстроенных контуров (рис. 2) поступает сигнал с абсолютной ФМн на 180° и его частотная составляющая преобразуется в амплитудно-модулированное колебание, несущим колебанием которого является входной ФМн сигнал (3), т.е. преобразуется в АФМн колебание:

$$u_{\text{АФМ}}(t) = \left[1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right] \cdot \cos(\omega t + \gamma(t)90^\circ - 90^\circ)$$

Это колебание поступает на вход КБП, а в точке соединения расстроенных контуров и RC-цепочек подаётся ФМн колебание со вторичной обмотки трансформатора, подключенного ко входу УПЧ. От этого перемножения на выходе КБП образуется колебание:

$$\begin{aligned} U_{\text{КБП}}(t) &= U_{\text{АФМ}}(t) \cdot U_{\text{ФМ}}(t) = \\ &= \left[1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right] \cdot \\ &\cdot \cos(\omega t + \gamma(t)90^\circ - 90^\circ) = \\ &= \left[\left(1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right) \right] \cdot \\ &\cdot \cos^2(\omega t + \gamma(t)90^\circ - 90^\circ) = \\ &= \left[\left(1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right) \right] \cdot \\ &\cdot \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) = \\ &= 0,5M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) + \\ &+ BЧ + C, \end{aligned}$$

где M – глубина амплитудной модуляции ($M = kU_m$), а k – постоянная составляющая.



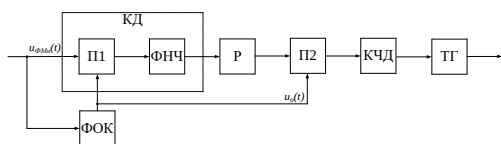


Рис. 4. Схема формирователя абсолютной ФМн на 180°.

Высокочастотные составляющие ВЧ устраняются RC-цепочками (рис. 1), а постоянная составляющая С — разделительным конденсатором.

В результате сигнал с выхода КБП в виде фронта и среза прямоугольного импульса (см. рис. 3б) поступает на вход триггера (интегратора), на выходе которого образуются передаваемые прямоугольные импульсы цифрового сигнала. Действительно:

$$U_{\text{тр}}(t) = \int 0,5M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) dt =$$

$$= 0,5M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \sin k\Omega t + C_1.$$

Выбрав постоянную интегрирования $C_1 = 0,5 \cdot (1 + M)$, получим аналитическое выражение прямоугольных импульсов (4).

Максимально возможную помехоустойчивость радиосвязи обеспечивает не только однократная абсолютная ФМн на 180°, рассмотренная выше, но и двукратная абсолютная ФМн на 180°, когда передача двух цифровых сигналов ведётся на колебании одной несущей частоты, сдвинутой по фазе на 90° с использованием однократной абсолютной ФМн в каждом канале. В этом случае используется полоса частот только одного канала, т.е. увеличиваются в два раза и помехоустойчивость, и частотная эффективность.

ВЫВОДЫ

1. Аналитически показано, что формула Шеннона позволяет связать между собой три критерия эффективности, а не два, как было ранее.

2. Предложено когерентное детектирование ЧМн сигналов, повышающее помехоустойчивость железнодорожной цифровой радиосвязи примерно в два раза.

3. Аналитически показано, что при известном когерентном детектировании сигналов с абсолютной ФМн на 180° из них формируется опорное колебание со случайными скачками фазы на 180°, из-за которых возникает «обратная работа» когерентного детектора.

4. Предложена последетекторная обработка сигнала когерентного детектора, которая устраняет его обратную работу. Новизна предложения подтверждена патентом на изобретение.

5. Аналитически показано, что для последетекторной обработки продетектированного сигнала, полученного из абсолютной фазовой манипуляции на 180°, по п. 4 целесообразно использовать когерентный частотный детектор на расстроенных контурах с подключенным к нему триггером.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомин А. Ф., Ваванов Ю. В. Помехоустойчивость систем железнодорожной связи. — М.: Транспорт, 1987. — 295 с.
2. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике: Пер. с англ. — М.: Иностранная литература, 1963. — 824 с.
3. Волков А. А., Морозов М. С. Повышение эффективности систем радиосвязи // Проектирование и технология электронных средств. — 2018. — № 1. — С. 27–30.
4. Зюко А. Г. Помехоустойчивость и эффективность систем связи — М.: Связь, 1963. — 320 с.
5. Зюко А. Г., Фалько А. И., Панфилов И. П., Банкет Л. В., Ивашенко П. В. Помехоустойчивость и эффективность систем связи — М.: Радио и связь, 1985. — 272 с.
6. Зюко А. Г., Коробов Ю. Ф. Теория передачи сигналов — М.: Радио и связь, 1972. — 360 с.
7. Зюко А. Г., Кловский Д. Д., Финк Л. М., Назаров М. В. Теория передачи сигналов — М.: Радио и связь, 1986. — 295 с.
8. Патент РФ на изобретение № 2611987. Детектор частотно-модулированных колебаний / А. А. Волков, В. А. Кузюков, М. С. Морозов. Приоритет от 15.10.2015.
9. Волков А. А., Морозов М. С. Решение проблемы приёма сигналов с абсолютной ФМн на 180° // Электросвязь. — 2017. — № 2. — С. 72–74.
10. Прокис Дж. Цифровая связь: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 2000. — 800 с.
11. Rappaport Th. S. Wireless communication (Principles and Practice). — Prentice Hall, 1996. — 641 p.
12. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. — М.: Вильямс, 2007. — 1098 с.
13. Патент РФ на ПМ № 163281. Детектор сигналов с абсолютной ФМн на 180° / А. А. Волков, М. С. Морозов. Приоритет от 18.09.2016. ●

Координаты авторов: Волков А. А. — aavolkov2009@rambler.ru, Морозов М. С. — raconteurs.mm@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 12.11.2018, принята к публикации 18.12.2018.

IMPROVING NOISE IMMUNITY OF DIGITAL RADIO SYSTEMS WITH ANGULAR MODULATION

Volkov, Anatoly A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Morozov, Maxim S., JSC Metrogiprotans, Moscow, Russia.

ABSTRACT

To double the noise immunity of digital radio communications of frequency-managed transport systems, it is proposed to use the method of coherent detection of frequency-manipulated signals (FMn) instead of envelope detection. At the same time, the

reverse operation of the coherent detector of signals with absolute phase manipulation (PMn) at 180° is achieved due to the post-detector signal processing. Such processing is possible with participation of a frequency detector on frustrated circuits with a trigger connected to it.

Keywords: railway, radio communication, frequency, amplitude and phase manipulations, noise immunity, coherent detection, reference oscillation, absolute phase manipulation at 180°, reverse operation of a coherent detector and its elimination.

Background. In railway radio communications [1], only narrowband frequency modulation is used, and the level of interference is substantially high, and the connection is not always satisfactory.

Noise immunity and frequency efficiency are the most significant indicators of quality of radio communications, since noise immunity is related to safety of vehicles, and frequency efficiency helps to reduce the shortage of the frequency resource. The efficiency of a radio communication is characterized by criteria that follow from the well-known formula of Shannon [2, p. 308] for bandwidth C of the communication channel. The authors showed [3, p. 29] that the Shannon formula allows us to connect not two, as usual [4, p. 3; 5, p. 69; 6, p. 117; 7, p. 120], but three main criteria. For this, it is necessary to separate the left and right parts of the specified formula, as well as the power of signal P_s and noise P_n under its logarithm by the information transfer rate R , and not just replace C with R [3] with the division under the logarithm. As a result, we have:

$C/R = F/R \cdot \log(1 + P_s/P_n \cdot R/R)$ or
 $1 = \sqrt{\alpha} \cdot \log(1 + \alpha/\beta)$ or $2 = (1 + \alpha/\beta)^{1/\alpha}$, (1)

where $\alpha = R/F$ – criterion of frequency efficiency;

$\beta = \frac{R}{P_s/N_0}$ – criterion of energy efficiency;

$\eta = R/C$ – criterion of channel bandwidth efficiency (information efficiency).

In this case, the third criterion (η -efficiency) is connected analytically with the criteria α and β according to (1). The β -efficiency includes noise immunity of railway radio communication.

Objective. The objective of the authors is to consider the issue of improving noise immunity of digital radio systems with angular modulation.

Methods. The authors use general scientific and particular radio engineering methods, comparative analysis, mathematical methods, simulation.

Results.

1. Coherent Detection

The transition from analog to digital modulating signal [10, p. 147; 11, p. 197; 12, p. 195], which is frequency modulation, often called frequency manipulation (FMn), provides a higher noise immunity, but the immunity provided is not the finite. The frequency-manipulated signal consists of two amplitude-manipulated (AMn) signals on its subcarriers. Therefore, the FMn signal detector consists of two parallel detectors along the envelope of the filtered AMn signals, the outputs of which are connected to a subtractor.

With coherent detection, the quadrature component of interference is eliminated, which is why this power is reduced on average by two times, and the noise immunity increases by the same

number of times, which is not the case when AMn detects an envelope signal. It is difficult to apply coherent detection when the FMn oscillation is filtered out because of the probability of obtaining a carrier frequency oscillation. The authors proposed a different method [8, p. 2] for coherent detection of signals with angular modulation. The FMn signal is converted into an AMn signal, whose oscillation is carried by the FMn oscillation, i.e. converted to the AFMn oscillation. The latter is then multiplied with its own carrier frequency oscillation, the FMn oscillation.

A diagram of the coherent detector of the FMn signals developed by [8, p. 2] is shown in Pic. 1. It consists of the final stage of the IFA receiver, the load of which is an oscillating circuit tuned in resonance to the intermediate frequency f_{int} . This circuit is inductively coupled with two circuits, symmetrically and oppositely disturbed with respect to f_{int} , as shown in Pic. 2. Both circuits are interconnected directly, and their outputs are connected to the inputs of a ring balanced multiplier (RBM). The outputs of RBM, in turn, are connected to the inputs of two RC circuits connected to each other. At the input of IFA, a transformer is turned on, the secondary winding of which is connected to the midpoints of RBM – the connection points of the disconnected circuits and RC chains. The amplitude-frequency characteristic (AFC) of the detuned circuits forms a linear region around f_{int} three times larger than that of a single detuned circuit. This linear AFC section converts the input FMn signal to the AMn signal, whose oscillation is the input FMn oscillation, that is, converts the oscillation into the AFMn oscillation.

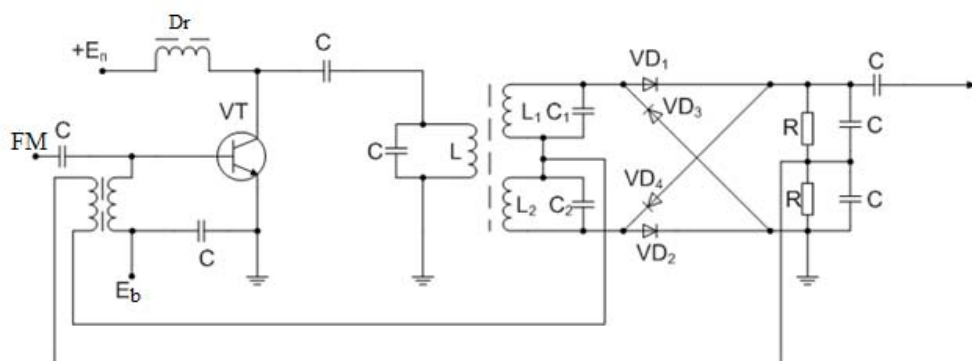
At the midpoints of RBM, an input FMn constant amplitude oscillation is applied, which is the carrier frequency oscillation for the AFMn signal. By multiplying AFMn and FMn signals in RBM and filtering in the RC-chains, the transmitted digital signal is obtained (Pic. 2). Analytically it is easier to show this process for the harmonic modulating signal $b(t) = U \sin \Omega t$.

$$\begin{aligned} u_n(t) &= u_{AFMn}(t) \cdot u_{FMn}(t) = U_m \cdot [1 + M \cos \Omega t] \cdot \\ &\cdot \cos[\omega_{int} t + M \sin \Omega t] \cdot U_m \cos[\omega_{int} t + M \sin \Omega t] = \\ &= U_m^2 \cdot [1 + M \sin \Omega t] \cdot \cos^2[\omega_{int} t + M \sin \Omega t] = \\ &= U_m^2 \cdot [1 + M \sin \Omega t] \cdot (1 + \cos 2(\omega_{int} t + m \sin \Omega t)/2) = \\ &= 0,5 M \cdot U_m^2 \sin \Omega t + C + h.f., \end{aligned} \quad (2)$$

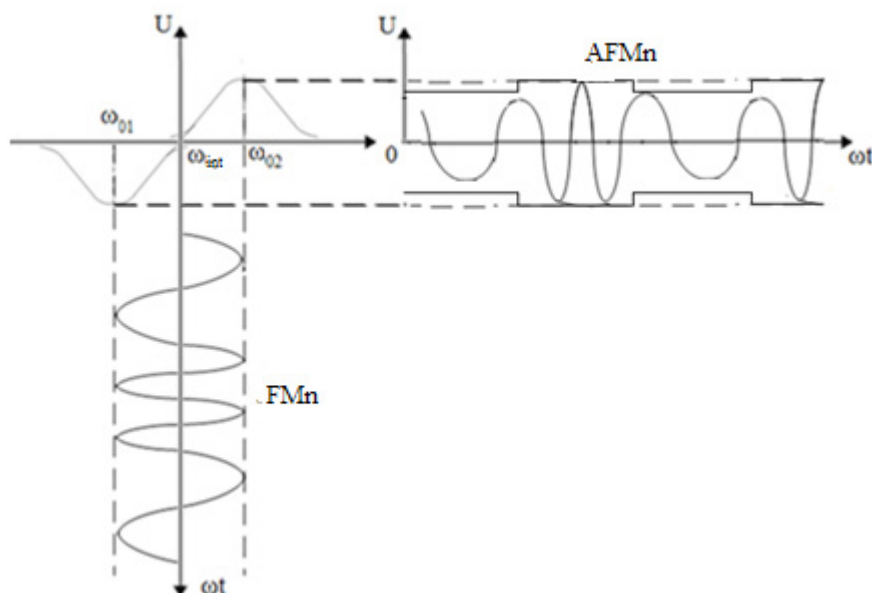
where h.f. – high-frequency component, which is eliminated by the filter (RC-chains), and C – the constant component, which is eliminated by the coupling capacitor, which is confirmed by the computer simulation.

Although the coherent detection of the FMn signal by the proposed method makes it possible to increase the noise immunity of railway radio communication twice, it is not, as already emphasized, the maximum that can be achieved. The maximum possible one,





Pic. 1. Schematic diagram of the developed frequency detector.



Pic. 2. Signal conversion: FMn to AFMn.

according to theoretical postulates, is provided by an absolute FMn at 180° .

2. Maximum noise immunity

Absolute FMn at 180° is not used in practice because of the «reverse operation» of a coherent detector of its signals, when «1» of a digital signal is taken as «0», and «0» is taken as «1», i.e. vice versa. Instead of absolute, relative PMn (OPMn) at 180° is used, which is not only inferior to the absolute in noise immunity by half, but also requires more complex equipment. Therefore, it is of interest to develop a method for coherent detection of signals from the absolute PMn at 180° without reverse operation.

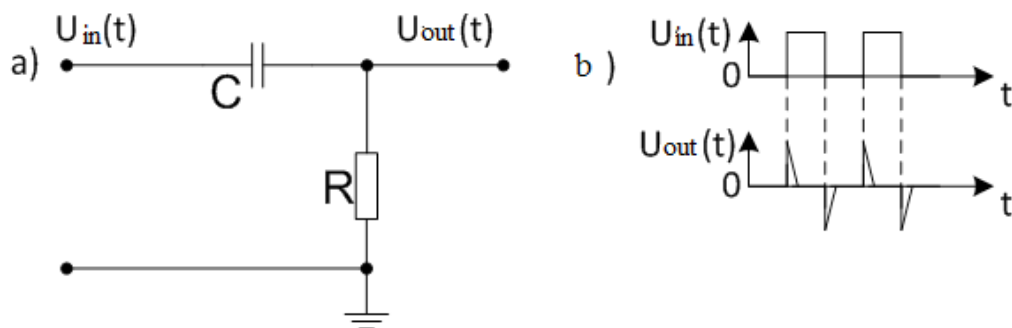
A coherent detector consists of a multiplier of signals with a low-pass filter at its output, in which the input signal $u_{in}(t)$ with the absolute PMn at 180° and the reference oscillation $u_r(t)$ obtained from this input signal are multiplied together. The authors showed [9, p. 74] that in all coherent signal detectors with absolute PMn at 180° , the resulting reference

oscillation $u_r(t) = \pm \sqrt{u_{in}^2(t)}$ was obtained. Since the

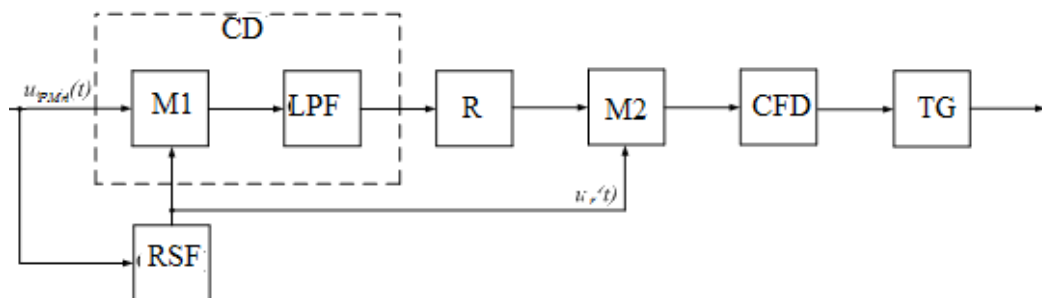
square root is preceded by a sign $\pm$, then the reference oscillation $u_r(t)$ will have random phase jumps at 180° , not only from the effects of interference, but also from other processes in the receiver. These phase jumps at 180° generate the reverse operation of a coherent detector of signals with the absolute PMn at 180° .

Since $u_r(t) = \pm \sqrt{u_{in}^2(t)}$, the reverse operation of the coherent detector of signals with the absolute PMn at 180° , consisting of a multiplier, a low-pass filter and a driver of the reference oscillation, is unavoidable, which has been proven in practice. However, the post-detector processing of its signals with additional blocks allows us to eliminate the reverse operation of the coherent detector [9, p. 73]. For example, in the Pistolcorsa detector, $u_r(t)$ is filtered by two resonant circuits of the first and second harmonics, and therefore the reference oscillation is obtained, in fact, without interference, but with random phase jumps at 180° .

The authors proposed to use a regenerator at the output of the low-pass filter of the detector (a nonlinear



Pic. 3. Differentiating RC-chain (a), the pulse graph at the inputs and outputs of the chain (b).



Pic. 4. Scheme of the absolute PMn driver at 180°.

device – say, an amplitude limiting amplifier), which restores distorted pulses and suppresses interference, but does not correct the reverse operation of the coherent detector. If, on the other hand, we multiply the alternating detected signal $b(t)$ and the reference harmonic oscillation, we obtain a signal from the absolute PMn at 180° without phase jumps at 180° and without interference. The absence of phase jumps is easier to show with multiplication of harmonic signals:

$$u_d(t) = b(t) \cdot u_r(t) = U_b(t) \cdot \cos(\Omega t + 180^\circ) \cdot U_d(t) \cdot \cos(\omega t + 180^\circ) = U_b U_d [\cos(\omega + \Omega)t + \cos(\omega - \Omega)t].$$

Such PMn at 180° signal without interference and distortion can be coherently detected by the circuit shown in Pic. 1 by adding a trigger to the output of the low-pass filter.

Absolute PMn at 180° can be obtained by multiplying alternating discrete signals and harmonic carrier oscillations $u_c(t) = U_m \cos \omega t$, which allows it to be represented analytically:

$$\begin{aligned} u_{pmn}(t) &= \gamma(t) \cdot u_c(t) = \gamma(t) \cdot U_m \cos \omega t = \\ &= U_m \cos(\omega t + \gamma(t) 90^\circ - 90^\circ) = \\ &= U_m \cos(\omega t + (\gamma(t) - 1) \cdot 90^\circ), \end{aligned} \quad (3)$$

where $\gamma(t) = \pm 1$ – alternating modulating signal.

It is known that PM is always accompanied by FM, since the circular frequency $\omega(t)$ and phase $\phi(t)$ are related by the relation $\omega(t) = d\phi(t)/dt$. The frequency $\omega(t)$ can be determined from the initial phase (1), i.e. with respect to $b(t) = \gamma(t) \cdot 90^\circ - 90^\circ$. For the analytical expression of FMn component (3), we expand the periodic modulating discrete rectangular signal into a Fourier series [6, p. 61] and obtain:

$$b(t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \sin k\Omega t. \quad (4)$$

$$\text{Hence} \quad \frac{db(t)}{dt} = \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} \cos k\Omega t \right).$$

For clarity of this expression, let us skip the periodic sequence of rectangular pulses through the differentiating RC-chain presented in Pic. 3a, and head the output signal to the oscilloscope. In this case, the differentiating chain constant $\tau = RC \ll T$, where T is duration of a unit element (impulse or pause). As can be seen, at the output of the differentiator (Pic. 3b), only the front and section of each input rectangular pulse takes place. If a trigger (integrating device) is connected to the output of the differentiating chain, then at its output we will receive input rectangular pulses.

A scheme of the developed coherent detector of signals with the absolute PMn at 180° is shown in Pic. 4. It consists of the multiplier M1, the low-pass filter (LPF) at its output, the reference signal former (RSF), through which the first and second inputs of the multiplier M1 are connected, as well as the regenerator R connected in series to the LPF, the second multiplier M2, augmented by a coherent frequency detector CD, trigger TG. The second input of M2 is connected to the output of RSF.

In this case, the linear section of the PFC of the disturbed circuits (Pic. 2) receives a signal from the absolute PMn at 180° and its frequency component is converted to an amplitude-modulated oscillation, the carrier oscillation of which is the input PMn signal (3), i.e. is converted into the APMn oscillation:

$$u_{APM}(t) = \left[1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k\Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right] \cdot \cos(\omega t + \gamma(t) 90^\circ - 90^\circ).$$

This oscillation is fed to the input of the RBM, and at the point of connection of the disconnected circuits and RC-chains, an PMn oscillation is from the secondary winding of the transformer connected to the input of the IFA. From this multiplication at the output of the RBM, an oscillation is formed:

$$\begin{aligned}
 U_{RBM}(t) &= U_{APM}(t) \cdot U_{PM}(t) = \\
 &= \left[\left(1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k \Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right) \cdot \right. \\
 &\quad \left. \cdot \cos(\omega t + \gamma(t) 90^\circ - 90^\circ) \right] \cdot \\
 &\quad \cdot \cos(\omega t + \gamma(t) 90^\circ + 90^\circ) = \\
 &= \left[\left(1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k \Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right) \cdot \right. \\
 &\quad \left. \cdot \cos^2(\omega t + \gamma(t) 90^\circ - 90^\circ) \right] = \\
 &= \left[\left(1 + M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k \Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) \right) \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) \right] = \\
 &= 0,5M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k \Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) + HF + C,
 \end{aligned}$$

where M – depth of amplitude modulation ($M = kU_m$), and k – constant component.

The high-frequency components HF are eliminated by the RC chains (Pic. 1), and the constant component C is eliminated by a coupling capacitor.

As a result, the signal from the output of the RBM in the form of a front and a slice of a rectangular pulse (see Pic. 3b) is fed to the input of a trigger (integrator), at the output of which the transmitted rectangular pulses of a digital signal are formed. In fact:

$$\begin{aligned}
 U_{TG}(t) &= \int 0,5M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} k \Omega \left(\frac{1 - \cos k\pi}{k} + \cos k\Omega t \right) dt = \\
 &= 0,5M \frac{1}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1 - \cos k\pi}{k} \sin k\Omega t + C_1.
 \end{aligned}$$

Choosing the integration constant $C_1 = 0,5 \cdot (1 + M)$, we obtain the analytical expression of rectangular pulses (4).

The maximum possible interference immunity of the radio communication is provided not only by a single absolute PMn at 180° , considered above, but also by a double absolute PMn at 180° , when two digital signals are transmitted by oscillation of one carrier frequency shifted in phase by 90° using a single absolute PMn in each channel. In this case, the frequency band of only one channel is used, i.e. both noise immunity and frequency efficiency are doubled.

Conclusion.

1. It is analytically shown that the Shannon formula allows connecting three criteria of efficiency, and not two, as it has been previously.

2. The proposed coherent detection of FMn signals, which increases the noise immunity of the railway digital radio communication approximately twice.

3. It is analytically shown that with known coherent detection of signals with absolute PMn at

180° , a reference oscillation with random phase jumps at 180° is formed from them, due to which the «reverse operation» of the coherent detector occurs.

4. The post-detector signal processing of a coherent detector, which eliminates its reverse operation, is proposed. The novelty of the proposal is confirmed by a patent for an invention.

5. It is analytically shown that for the post-detection processing of the detected signal obtained from the absolute phase manipulation at 180° , according to point 4, it is advisable to use a coherent frequency detector on detuned circuits with a trigger connected to it.

REFERENCES

1. Fomin, A. F., Vavanov, Yu. V. Interference immunity of railway communication systems [*Pomekhoustoichivost' system zheleznodorozhnoi svyazi*]. Moscow, Transport publ., 1987, 295 p.
2. Shannon, C. Works on information theory and cybernetics [*Raboty po teorii informatsii i kibernetiki: Trans. from English*]. Moscow, Innostrannaya literatura, 1963, 824 p.
3. Volkov, A. A., Morozov, M. S. Improving the efficiency of radio communication systems [*Povyshenie effektivnosti system radiosvyazi*]. *Proektirovanie i tekhnologiya elektronnykh sredstv*, 2018, Iss. 1, pp. 27–30.
4. Zyuko, A. G. Noise immunity and efficiency of communication systems [*Pomekhoustoichivost' i effektivnost' system svyazi*]. Moscow, Svyaz publ., 1963, 320 p.
5. Zyuko, A. G., Falko, A. I., Panfilov, I. P., Banket, L. V., Ivashchenko, P. V. Noise immunity and efficiency of communication systems [*Pomekhoustoichivost' i effektivnost' system svyazi*]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1985, 272 p.
6. Zyuko, A. G., Korobov, Yu. F. The theory of signal transmission [*Teoriya peredachi signalov*]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1972, 360 p.
7. Zyuko, A. G., Klovsky, D. D., Fink, L. M., Nazarov, M. V. The theory of signal transmission [*Teoriya peredachi signalov*]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 1986, 295 p.
8. RF patent for invention No. 2611987. Detector of frequency-modulated oscillations. A. A. Volkov, V. A. Kuzukov, M. S. Morozov. Priority as of 15.10.2015.
9. Volkov, A. A., Morozov, M. S. Solution of the problem of receiving signals from absolute PMn at 180° [*Reshenie problem priema signalov s absolyutnoi FMn na 180^\circ*]. *Elektrosvyaz'*, 2017, Iss. 2, pp. 72–74.
10. Proakis, J. Digital communication [*Tsifrovaya svyaz': Trans. from English*]. Moscow, Radio i svyaz' publ., 2000, 800 p.
11. Rappaport, Th. S. Wireless communication (Principles and Practice). Prentice Hall, 1996, 641 p.
12. Sklyar, B. Digital communication. Theoretical foundations and practical application [*Tsifrovaya svyaz'. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe primeneniye*]. Moscow, Williams, 2007, 1098 p.
13. RF patent PM No. 163281. Signal detector with absolute PMn at 180° . A. A. Volkov, M. S. Morozov. Priority as of 18.09.2016.

Information about the authors:

Volkov, Anatoly A. – D.Sc. (Eng), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, aavolkov2009@rambler.ru.

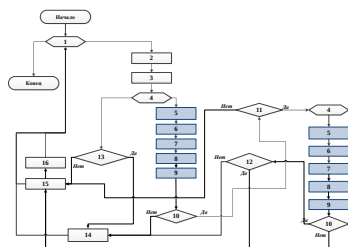
Morozov, Maxim S. – engineer of the department of Automation, remote control and communication of JSC Metrogiprottrans, Moscow, Russia, raconteurs.mm@gmail.com.

Article received 12.11.2018, accepted 18.12.2018.



БЮДЖЕТ 100

Его опора – техническое нормирование.



РЫНОК ОБЛИГАЦИЙ 116

Корпоративный долг, кредитные рейтинги, риски, дюрация.

ИНВЕСТИРОВАНИЕ 128

Цена обновления подвижного состава.

ЭКОНОМИКА • ECONOMICS



BUDGET 100

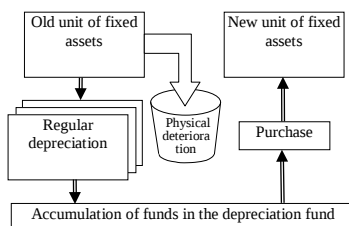
When budgeting is based on technical regulations.

BOND MARKET 116

Corporate debt, credit rankings, risks, duration...

INVESTMENT 128

Costs of renewal of rolling stock.





Взаимодействие бюджета производства и технического нормирования



Дмитрий ЛЕВИН
Dmitry Yu. LEVIN

Зинаида ШУЛЬЖЕНКО
Zinaida S. SHULZHENKO



Relationship between Business Budgeting and Technical Regulations
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 110)

Процесс реформирования железнодорожного транспорта требует применения современных методов и инструментов экономической работы. Одним из ключевых инструментов управления, обеспечивающим взаимосвязь стратегии компании с задачами многочисленных подразделений, является технология бюджетирования. Необходимые для выполнения плана перевозок ресурсы определяет техническое нормирование эксплуатационной работы. Более тесное взаимодействие бюджета производства и технического нормирования, по мнению авторов, позволит рациональнее организовать перевозочный процесс с наименьшими материально-техническими и финансово-экономическими затратами.

Ключевые слова: железные дороги, бюджет производства, техническое нормирование эксплуатационной работы, рыночные условия, натуральные показатели, финансовые показатели.

Левин Дмитрий Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры управления эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Шульженко Зинаида Святославна – заместитель начальника экономической службы Центральной дирекции управления движением – филиала ОАО «РЖД», Москва, Россия.

Переход российского рынка перевозок грузов железнодорожным транспортом к его нынешней конфигурации начался в 2003 году. Тогда в соответствии с правительственной программой структурной реформы весь хозяйственный комплекс магистрального железнодорожного транспорта перешёл от министерства путей сообщения в ведение единого хозяйствующего субъекта – ОАО «Российские железные дороги». Одновременно с реформой начался процесс создания независимых от владельца железнодорожной инфраструктуры компаний – операторов грузовых вагонов, впоследствии сформировавших конкурентное поле рынка.

Переход к рыночным отношениям в России требует адекватного изменения стиля и методов планирования и управления эксплуатационной работой железных дорог. Государство – единственный акционер ОАО «РЖД» и, безусловно, решение государственных задач является главным приоритетом корпоративных структур. В то же время компания как коммерческая организация обязана работать прибыльно. У неё должны быть ресурсы для развития, возможности

предлагать клиентам новые привлекательные транспортные продукты [1, с. 2].

«ХОРОШО ЗАБЫТОЕ СТАРОЕ»

Для совершенствования бюджета производства принято решение о повышении качества планирования заказа локомотивов (как одного из наиболее затратных ресурсов) и ответственности за использование ресурсов ОАО «РЖД». На первом этапе внедрён инструмент экономической оценки («Методические указания по формированию экономической оценки наряд-заказа на содержание локомотивов в эксплуатируемом парке в грузовом виде движения», распоряжение ОАО «РЖД» № 2830 от 30.12.2017 г.). К концу 2018 года по ходу работы в новых условиях было предусмотрено создание системы ответственности структурных подразделений холдинга за надлежащее формирование и исполнение производственной программы и бюджета затрат, а уже на последнем этапе — автоматизация процесса формирования потребности в ресурсах локомотивной тяги (2019–2020 гг.). В результате будут увязаны системы наряд-заказов между функциональными филиалами и процессом бюджетирования, что позволит по-новому организовать взаимодействие, оценить степень ответственности исполнителей и эффективность предпринятых усилий.

Совершенствование системы бюджетного управления и планирования объёмных и качественных показателей предполагает использование предиктивной бизнес-модели грузовых перевозок, в которой совмещены планирование на предстоящий месяц с детализацией до станций погрузки и выгрузки, разработка плановой «шахматки» вагонопотоков между станциями и техническое нормирование эксплуатационной работы (соответствующая методика утверждена распоряжением ОАО «РЖД» № 290р от 14.02.2018 г.).

Техническое нормирование эксплуатационной работы, которое определяет ресурсы для выполнения плана перевозок грузов и призвано рационально организовать перевозочный процесс с наименьшими материально-техническими затратами, как и прежде, лишь формально связано с бюджетным планированием и финансовыми показателями. В рыночных условиях

главными показателями являются прибыль, доход и расход, а в планировании и управлении эксплуатационной работой по-прежнему участвуют только натуральные показатели. Это не так безобидно, как может показаться.

Современные рыночные отношения не являются чем-то новым, это всего лишь хорошо забытое старое. Будущий министр путей сообщения, министр финансов, председатель Комитета министров Сергей Витте в 1880 году получил назначение на должность начальника службы эксплуатации в администрации Общества Юго-Западных железных дорог, которые были убыточны. Своей главной задачей он считал максимальное увеличение эксплуатационных доходов, без чего никак нельзя было устранить дефицит, уже успевший стать хроническим. Эту задачу он решил — за период с 1881 по 1885 год. Чистый доход от эксплуатации его дорог вырос с 4 млн 300 тыс. руб. до 13 млн 600 тыс. руб., или в три с лишним раза [2, с. 132]. Из последующих руководителей железных дорог таким результатом, увы, похвастаться уже никто не может. Для этого Витте, правда, пришлось разработать, ни много, ни мало, основные принципы теории тарифов и реализовать их на практике (на своей железной дороге).

А вот противоположный пример из нашего времени. В Большой энциклопедии транспорта написано: «Повышение веса поезда позволяет снизить эксплуатационные расходы на содержание локомотивных бригад, приобретение и содержание локомотивов, на топливо и электроэнергию, маневровую работу. С весом поезда связано 15–20 % текущих расходов железных дорог. В период 1990–1999 гг. средний вес поезда на железных дорогах России повысился на 252 т (с 3093 т до 3345 т), что позволило сэкономить более 1,2 млрд руб.» [3, с. 917].

Впрочем, приведённая экономия относится только к названным эксплуатационным расходам, но кроме них с весом поезда связан большой перечень и других эксплуатационных расходов. И если их учесть, то повышение среднего веса поезда в тот период привело к убыткам. Почему? Потому, что в 1990-х годах объём перевозок на железных дорогах сократился более чем в 2,5 раза. А с уменьшением грузооборота средний вес поезда должен был снижен при-



мерно в $\sqrt{2,5}$ раза. Кроме этого, на каждой железной дороге эффективность увеличения среднего веса поездов дополнительно зависит от технического оснащения и грузонапряжённости.

Очевидно, что в эксплуатационной работе важно сохранить количественные и качественные показатели, но в рыночных условиях они должны быть увязаны с финансовыми показателями, то есть техническое нормирование эксплуатационной работы предполагает и финансовые показатели, и экономические инструменты.

Соответственно и бюджет производства, чтобы определять производственную программу, должен не просто иметь сокращённый перечень количественных и качественных показателей эксплуатационной работы, инвентарный и рабочий парк подвижного состава, данные по инфраструктуре, трудовым ресурсам, а координировать производственные и финансовые планы, объёмные и стоимостные показатели, содержать механизмы экономического регулирования эксплуатационной работы.

ПРОСТАЯ СБАЛАНСИРОВАННОСТЬ

Достаточно быстрый переход к рыночным отношениям в России не сопровождался адекватным изменением стиля и методов планирования и управления эксплуатационной и экономической работой.

Объектами бюджетирования должны быть не только доходы и расходы железных дорог и их подразделений, т.е. денежные потоки, связанные с перевозочным процессом, но и показатели эксплуатационной работы, которые определяют их. Причём не формально, как сейчас.

В финансовой деятельности значимым понятием является сбалансированность показателей. Не менее значимо в эксплуатационной работе должна стать сбалансированность потребностей в перевозках и перевозочных возможностей железных дорог [4, с. 240]. Отсутствие её приводит к неоправданным убыткам компании. Эти убытки вызваны как внешними, так и внутренними издержками.

Несбалансированность потребностей и возможностей железнодорожного транспорта вызывает внешние издержки:

- невыполнение нормативных сроков доставки грузов;
- материальные и моральные затраты из-за невыполнения договорных обязательств;
- повышение себестоимости перевозок;
- снижение качества транспортного обслуживания грузовладельцев;
- снижение конкурентоспособности ОАО «РЖД» на внутреннем и внешнем рынках грузовых перевозок.

Внутренние трудности в эксплуатационной работе — это невыполнение заданных количественных и качественных показателей, графика движения поездов, технологических норм времени обработки вагонов и составов, невосполнимые потери пропускной, перерабатывающей и выгрузочной способностей, неэффективное использование подвижного состава и инфраструктуры и в конечном итоге снижение финансово-экономических результатов железных дорог.

В оперативном режиме приведение в соответствие размеров движения поездов и пропускных способностей участков достигается решением задачи регулирования насыщения участков поездами.

Согласно Уставу железнодорожного транспорта перевозки грузов по железным дорогам осуществляются по заявкам грузоотправителей (форма ГУ-12). Заявки передаются в электронном виде через систему ЭТРАН (автоматизированная система централизованной подготовки и оформления перевозочных документов), которая действует в России с 2000 года.

В системе ЭТРАН не предусмотрена проверка заявок на соответствие потребностей в перевозках грузов перевозочным возможностям железнодорожного транспорта. Почти автоматически полученные заявки включаются в план перевозок. В результате часть отправок доставляются грузополучателям с просроченным сроком.

Создание ЭТРАН автоматизировало учёт и теперь существует единая база заявок грузоотправителей в автоматизированной комплексной системе фирменного транспортного обслуживания (АКС ФТО).

На следующем этапе развития системы ЭТРАН при планировании перевозок грузов целесообразно организовать учёт про-

пускной и перерабатывающей способности инфраструктуры. От качества согласования заявок на перевозку в значительной степени зависят создание оптимальных условий поездной работы и итоговые экономические показатели железнодорожного транспорта.

Предлагается использовать теорию графов и потоки в сетях для выбора пути следования вагонов с учётом:

- себестоимости перевозки грузов, объёма переработки вагонопотоков, расхода топлива, непроизводительного пробега подвижного состава;
- затрат времени продвижения груза и других технико-экономических показателей.

Это позволяет правильно оценить возможности конфигурации сети железных дорог, технических средств (локомотивное и вагонное хозяйства) и устройств (хозяйства пути, энергетики, СЦБ и связи) и выбрать наиболее эффективное их использование, удовлетворяющее требованиям перевозчиков.

Сбалансированность потребностей в перевозках и перевозочных возможностей железных дорог, как ранее указывалось [5, с. 21–23], обеспечивается по критерию получения наибольшей провозной платы (прибыли).

МОДЕЛЬ ГРАФА ДОРОЖНОЙ СЕТИ

Решение задачи планирования перевозок грузов предусматривает «наложение» заявок на модель графа сети железных дорог. На каждом участке «проходящие» по нему заявки (вагоны) суммируются. Сумма вагонов делится на средний состав поездов. Получаемое число поездов сопоставляется с наличной пропускной способностью участка. Если заявка не превышает пропускной способности участков, то включается в план перевозок грузов.

При превышении пропускной способности одного из участков грузоотправителю предлагается перевозка кружностью (в обход участка, исчерпавшего наличную пропускную способность) с провозной платой за фактическое расстояние перевозки. При отказе грузоотправителя от перевозки кружностью заявка отклоняется. В итоге возникает сочетание заявок, при котором число вагонов (прибыль, грузооборот или вес пе-

ревозимых грузов) на участках будет максимальным и при этом пропускная способность не будет превышена.

Например, вот как выглядит разработка плана перевозок по критерию получения наибольшей провозной платы. Описание статистической инфраструктурной модели сети железных дорог подробно показано в [5, с. 21–23]. Расширим модель, при необходимости возвращаясь и уточняя ранее представленные результаты, в том числе с учётом источников данных.

Статистическая инфраструктурная модель сети железных дорог описывается графом:

$$G_k = \{V_k; R_k\},$$

где V_k — все v_k вершины графа — станции; R_k — все r_k рёбра графа — участки; k — порядковый номер или обозначение вершины либо ребра на графе [5, с. 21].

Все данные, определяемые как параметры инфраструктурной модели, при изменении обновляются.

Основные источники параметров модели:

- для станций — автоматизированный банк данных технико-распорядительных актов станций и технологических процессов;
- для участков — Сеть-3, АСОУП-2, нормативные и вариантные графики движения и планы формирования поездов, составленные в ГВЦ ОАО «РЖД».

Далее, как указывалось, определяем, что каждому ребру расчётного графа соответствует набор параметров (из системы Сеть-3):

$$R_k = \{L_R, v_R^\mu, D_R^\mu\},$$

где L_R — длина участка, ограниченного станциями (вершинами) V_k , км; v_R^μ — участковая скорость следования грузовых поездов различных категорий μ по участку, км/ч; D_R^μ — технологическое время следования по участку R_k поездов категории μ , час ($D_R^\mu = L_R / v_R^\mu$).

На станции V_i поступает упорядоченное множество заявок. Алгоритм просматривает таблицы заявок и формирует множество S в виде таблицы заявок, упорядоченных по времени. В соответствии с альбомом кратчайших расстояний заявки «накладываются» на граф сети железных дорог. На



Сеть без заявок, пределы пропускной способности в поездах

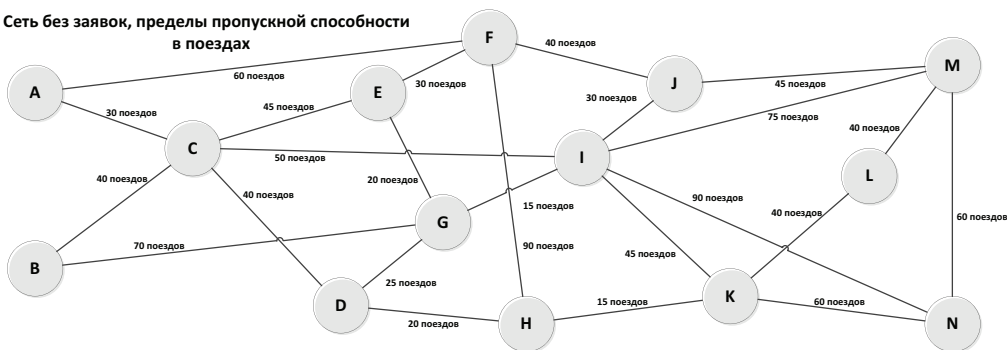


Рис. 1. Сеть железных дорог с пропускной способностью участков [5, с. 21].

каждом участке «проходящие» по нему заявки (вагоны) суммируются. Сумма вагонов делится на средний состав поездов. Получаемое число поездов сопоставляется с наличной пропускной способностью участка n_i (рис. 1) [5, с. 21–22].

Задача заключается в оптимизации прибыли r , получаемой от заявок s .

Представление целевой функции задачи для первого варианта, её решение через рекуррентную двухшаговую процедуру приведены в [5, с. 22–23].

На каждом этапе последовательно рассматривается множество заявок и вычисляется максимальная прибыль от вагонов (принятых заявок) по следующему алгоритму:

1. Упорядоченное множество S циклически просматривает наличие необработанных заявок (блок 1).

2. Из упорядоченного множества S берётся очередная заявка s (блок 2).

3. Для заявки s по альбому кратчайших расстояний определяются маршрут перевозок L и входящие в него участки I_i (блок 3).

4. Циклически просматриваются участки I_i заявок s_i (блок 4).

5. Последовательно просматриваются участки I_j по пути следования (блок 5).

6. В соответствии с расстоянием по кратчайшему пути следования определяется провозная плата перевозки r (блок 6).

7. Определяется текущее число вагонов t_j для каждого участка I_j по пути следования (блок 7).

8. В ходе рассмотрения каждой заявки s_i нарастающим итогом суммируется текущее число вагонов на участках, т.е. к текущему числу вагонов t_i на каждом участке I_i , входящем в маршрут перевозки L , до-

бавляется число вагонов p из заявки s_i (блок 8).

9. Полученное нарастающее текущее количество вагонов t делится на норму вагонов в составе m и преобразуется в поездопоток N для каждого участка (блок 9).

10. Полученный поездопоток N сопоставляется с наличной пропускной способностью участка n :

$$\frac{t_j}{m_j} < n_j \text{ (блок 10).}$$

11. При $N > n$ находится обход участка кружностью с соответствующим увеличением провозной платы (блок 11).

12. При наличии обхода этого участка грузоотправителю предлагается отправка вагонов кружностью (блок 12).

13. При завершении цикла просмотра вариантов путей следования отправки проверяется, был ли он успешно найден (блок 13).

14. При непревышении вагонопотоком пропускной способности участка или согласии грузоотправителя использовать кружность заявка включается в план перевозок P с соответствующим увеличением общей прибыли (блок 14).

15. При несогласии грузоотправителя использовать кружность или при её отсутствии заявка не включается в план перевозок P (блок 15) и переносится в упорядоченное множество S_1 следующего месяца (блок 16).

Реализация алгоритма в виде блок-схемы представлена на рис. 2.

НОРМЫ НЕ ДЛЯ ПРОФОРМЫ

На основе плана перевозок грузов готовятся технические нормы эксплуатацион-

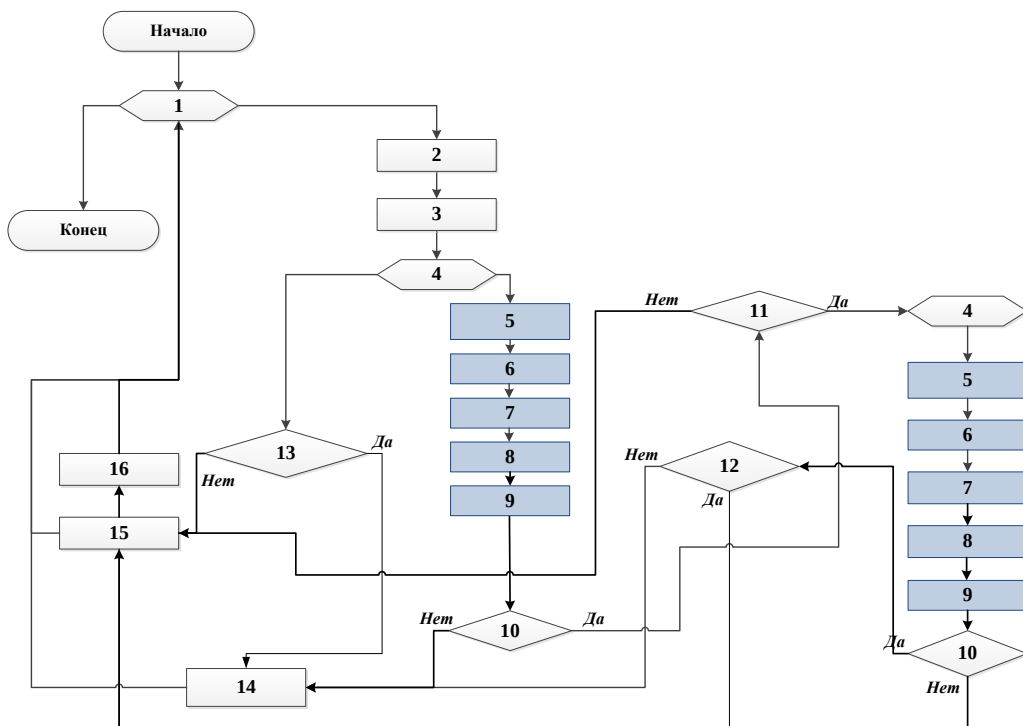


Рис. 2. Блок-схема разработки плана перевозок по критерию максимальной стоимости отправок [5, с. 23].

ной работы. Целью технического нормирования является обеспечение выполнения месячного плана перевозок. Для достижения этой цели решаются следующие задачи:

- определение объёма перевозок на предстоящий месяц (в среднем за сутки) и распределение его по дорогам и крупным станциям;
- расчёт показателей, обеспечивающих выполнение этого объёма работы;
- распределение технических средств и ресурсов по железнодорожным подразделениям в соответствии с объёмом их работы.

Результатом решения этих задач становится система показателей, подлежащих выполнению в течение всего месяца, которые называются техническими нормами.

На стадии технического нормирования устанавливаются объём перевозок, направление следования вагонопотоков, передача вагонов по стыковым пунктам между дорогами, задания по перевозкам, необходимые для этого ресурсы, количественные и качественные показатели, показатели использования подвижного состава, регулировочные меры и т.д. К сожалению, всё

это делается, исходя только из потребностей в перевозках грузов — без учёта перевозочных возможностей железных дорог. Вызванные тем самым неоправданные убытки из-за отсутствия связи между натуральными и финансовыми показателями остаются без должной экономической оценки.

Требуют устранения и другие недостатки в техническом нормировании. Нормы эксплуатационной работы определяются до начала планируемого месяца, но в это время план содержит обычно всего примерно 30 % предстоящего объёма перевозок. То есть современный план перевозок перестал давать полную и достоверную исходную информацию, быть базой для технического нормирования. Альтернативой стали экспертные методы. Причём экспертно оцениваются как предстоящие объёмы перевозок, так и технические возможности транспорта, пропускная и провозная способности участков, перерабатывающая способность станций. А перевозочные ресурсы железных дорог, погрузочно-выгрузочные возможности грузовых фронтов и станций, наличие вагонов и локомоти-



вов практически никак не оцениваются.

На основе развёрнутых планов перевозки грузов составляют таблицы погрузки в вагонах по дорогам назначения. Объёмы погрузки грузов по дорогам назначения и роду подвижного состава используются для разработки сводного сетевого плана перевозок, который называют «шахматкой». Такие «шахматки» составляют для каждого рода подвижного состава, с их помощью по каждой дороге планируется погрузка и выгрузка. В ГВЦ ОАО «РЖД» определяют размеры гружёных вагонопотоков по каждому междорожному стыковому пункту.

Однако по «шахматке» сетевого плана перевозок невозможно определить размеры движения гружёных вагонопотоков по конкретным участкам, направлениям и междорожным стыковым пунктам, поскольку она показывает лишь междорожную корреспонденцию погрузки. Поэтому от междорожных корреспонденций переходят к корреспонденции между стыковыми станциями дорог.

Существуют два способа определения плановых гружёных вагонопотоков по направлениям:

- приближённый, когда размеры гружёных вагонопотоков получают, используя «шахматку» при помощи специальных расчётных таблиц, так называемых эталонов;
- «точный», когда по данным развёрнутых планов перевозок с указанием станций назначений или договоров на поставку продукции, используя ЭВМ, находят участковые размеры гружёных вагонопотоков.

В планах перевозки грузов станции назначения указывают только в местном сообщении. Поэтому для определения плановых гружёных вагонопотоков используют приближенный способ. Для каждого междорожного стыкового пункта дороги разрабатываются две расчётные таблицы (эталон): одна для нечётного и другая для чётного направлений. В левой части этих таблиц по вертикали записываются все дороги погрузки, вагоны с которых должны проследовать через данный стыковой пункт, а сверху по горизонтали — дороги, на которые поступают эти вагоны под выгрузку.

Расчётные таблицы (эталон) служат не только выявлению грузопотоков для месячного технического нормирования эксплуатационной работы, но и для разработки плана формирования и графика движения поездов.

Распределение погрузки по выходным пунктам определяется экспертно, исходя из существующих связей между дорогами. Эти связи повседневно подвержены изменениям в пространстве и времени. Поэтому размеры и направления следования вагонопотоков значительно колеблются.

Ещё одно несоответствие связано с выбором направления вагонопотоков. Применяется кратчайший путь следования, за который взимается провозная плата. Например, из Омского узла в Свердловский узел кратчайший путь следования через Тюмень, но через Курганский узел время хода меньше на пять часов, а расход топлива на 15 % меньше. Таким образом, кроме кратчайшего пути следования может существовать ещё и экономически целесообразный ход. Поэтому при выборе пути следования вагонов следует учитывать:

- себестоимость перевозки грузов, объём переработки вагонопотоков, расход топлива, непроизводительный пробег подвижного состава;
- затраты времени продвижения груза и другие технико-экономические показатели.

МИНИМИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ И РЕСУРСОВ

При планировании размеров движения поездов на разветвлённых полигонах важнейшими, как видим, являются не только временные факторы, но и факторы, связанные с наличием ресурсов для выполнения перевозок. Оптимизация планирования поездной работы по времени и ресурсам позволяет обеспечить пропуск необходимого потока поездов в планируемый период при минимальных ресурсах или в минимально возможные сроки при заданных ресурсах. Подобный подход к проблеме особенно значим при техническом нормировании эксплуатационной работы железных дорог и сменно-суточном планировании. Он позволяет правильно оценить возможности конфигурации сети,

технических средств и устройств, выбрать наиболее эффективное их использование [6, с. 276].

Задача минимизации стоимости пропуска потоков поездов в математической форме может быть сформулирована так: каждому ребру сети соответствует пропускная способность n_{ij} , указывающая максимальную величину потока поездов, которую можно пропустить через это ребро. Кроме того, каждому ребру b_{ij} поставлена в соответствие стоимость C_{ij} пропуска одного поезда из вершины a_i в вершину a_j по ребру b_{ij} . Необходимо найти поток поездов из источника в сток, имеющий заданную величину и обладающий минимальной стоимостью. Источниками и стоками в этой задаче выступают преимущественно стыковые пункты полигона. А так как местный поток поездов имеет свои пункты назначения в пределах полигона, то в данном случае определяется поток минимальной стоимости для транзитных поездов.

Формально ставится задача минимизировать $Z = \sum_{ij} C_{ij} b_{ij} z$ при условиях:

$$\sum_i b_{ij} - \sum_k b_{jk} = \begin{cases} -N, & \text{если } j = S; \\ 0, & \text{если } j \neq S, t; \\ N, & \text{если } j = t; \end{cases}$$

$$0 \leq b_{ij} \leq n_{ij} \quad (\text{при всех } i, j).$$

При этом подразумевается, что величина N не превышает максимальный поток из a_s в a_t , иначе задача не имеет решения. Если бы не было ограничений на пропускные способности рёбер, то достаточно было бы найти самый экономичный путь из a_s в a_t и пропустить по нему весь поток поездов.

В линейном программировании существуют достаточно эффективные в вычислительном отношении алгоритмы (например, см. [7, с. 132]), которые позволяют получать потоки поездов минимальной стоимости.

В связи с сезонной и суточной неравномерностью загрузки линий в периоды «пик» часть поездопотоков не может быть пропущена по кратчайшим путям. В то же время на разветвлённых полигонах сети даже при пропуске максимального потока поездов на некоторых участках не реализуется пропускная способность. Следование потоков по обходным путям увеличивает загрузку сети

и может ухудшить условия пропуска поездов, для которых эти пути являются кратчайшими. В некоторых случаях возникает цепная реакция направления потоков поездов обходными путями. В свою очередь, увеличение загрузки участков замедляет движение потока и ухудшает использование пропускной способности. Связанные с этим затраты и определяют эффективность применения обходных путей.

Для каждого разветвлённого полигона желательно определить такую загрузку, превышение которой делает неэффективным использование обходных путей. В частности, можно запретить использование участков для пропуска кружных поездопотоков, когда интенсивность движения на этих участках превысит пропускную способность. Такой подход вполне вероятен при динамическом управлении потоками поездов на сети железных дорог.

Для эффективного использования участков целесообразно для каждого назначения вагонопотоков в плане формирования поездов определять прямой путь (он может быть и не самым кратчайшим) для пропуска основной нагрузки и обходные пути для пропуска избыточной нагрузки. В общем случае весь поток поездов каждого назначения является простейшим (пуассоновским). Однако поезда, составляющие избыток, уже не будут таким простейшим потоком. Подобным он становится только в моменты, когда интенсивность движения по кратчайшим путям превышает их пропускную способность, т.е. возникновение избыточного потока сосредоточено лишь на части рассматриваемого интервала времени. Это значит, что избыточный поток поездов более концентрирован, обладает большей неравномерностью. При одной и той же средней интенсивности движения он требует большей пропускной способности участка, чем простейший поток.

Правильность расчёта гружёных вагонопотоков по сети железных дорог в целом проверяется по приёму и сдаче. Эти величины должны быть между собой равны [8, с. 253].

ИНТЕГРАЦИЯ С БЮДЖЕТОМ

Техническое нормирование эксплуатационной работы железных дорог, определяющее ориентиры оперативного управле-



ния перевозочным процессом, должно чётко формулировать цель: чего мы хотим добиться, принимая то или иное решение. Длительное время, с одной стороны, требует повышения среднего веса поезда. С другой стороны, нужно повышать и участковую скорость. Оба показателя входят в число бюджетных заданий производства. Но стоящие за ними цели противоречивы. Между этими показателями — обратно пропорциональная зависимость [9, с. 18]. При неизменном техническом оснащении повышение веса поездов вызывает необходимость снижения участковой скорости и наоборот. Добиться одновременно и увеличения среднего веса поездов, и повышения участковой скорости можно лишь в том случае, если увеличивается мощность локомотивов, улучшается состояние пути и т.д., то есть меняется техническое оснащение.

Подобная ситуация отражает противоречия современного нормирования показателей эксплуатационной работы, когда существует несколько целей. Проблема множественности целей до сих пор решается «административно-командными методами». Тогда как цели должны быть ранжированы по приоритетам. В нашем случае вес поезда должен иметь приоритет при исчерпании или высоком уровне использования пропускной способности участков. Как это было в 1980-х годах. При отсутствии строительства новых разгружающих линий и высокой пропускной способности повышение среднего веса поезда позволило в то время ежегодно увеличивать объём перевозимых грузов. В современных условиях, когда после уменьшения объёма перевозок в 1991 году появились резервы пропускной способности, но существует дефицит некоторых родов вагонов, приоритет должен быть отдан участковой скорости, которая позволяет ускорить оборот вагона, сократить дефицит подвижного состава и существующим парком вагонов перевезти больше грузов. Хотя на некоторых направлениях с мощными вагонопотоками может сохраняться доминанта повышения веса поездов.

Для того чтобы добиться улучшения одного из показателей, одной из целей, придётся жертвовать другими показателями. Выбирать «жертву» целесообразно

с помощью ранжирования целей. В техническом нормировании и оперативном управлении перевозками оно должно вестись по финансово-экономическим показателям.

Нормирование поездной работы на грузонапряжённых направлениях рационально производить исходя из создания оптимальных эксплуатационных условий. Для этого вертикальный разрез в нормативном графике движения на грузонапряжённых участках определяет максимальное число поездов, которое одновременно может там находиться. А последнее должно определять число поездов, которое можно подводить к участку и необходимые для этого ресурсы и, как следствие, расчётное право на конечные результаты, эксплуатационные и финансовые показатели.

План обязан содержать не только показатели, но и способы их достижения. Использование режимов работы сортировочных станций позволяет создавать и поддерживать оптимальные условия. Аналогично режим участков — оптимальные условия поездной работы.

Теперь о недостатках современного бюджета, которые устраняются его объединением с техническим нормированием эксплуатационной работы.

Бюджет производства определяет производственную программу предприятия на предстоящий период. Для железнодорожной отрасли характерно отражение в бюджете объёмных и качественных показателей [10, с. 85].

Информационной базой бюджетирования сегодня является система управленческого учёта предприятия, а проще говоря — отчётные данные за уже прошедший период. Так, на основе ранее проделанной работы прогнозируется распределение бюджетных показателей, в том числе затраты подразделений на техническое обслуживание, капитальный ремонт, общехозяйственные расходы и т.д. В итоге полученные ценой значительных усилий планы не становятся достаточно действенным инструментом управления, которое осуществляется преимущественно по-прежнему путём экспертного распределения оборотных средств по различным текущим статьям.

Переход от статичного к гибкому бюджету затрат даёт возможность адекватной

оценки деятельности филиалов, определения правильного размера их финансирования и совершенствования системы управления расходами.

Важнейшая проблема в этой области — реальность формируемых финансовых планов. Эффективное управление возможно лишь при наличии обоснованного плана на относительно длительный промежуток времени — год, квартал. Нереальность планов вызывается, как правило, необоснованными плановыми данными по сбыту, плановой доле денежных средств в расчётах, заниженными сроками погашения дебиторской задолженности, «раздутыми» потребностями в финансировании (затраты подразделений на техническое обслуживание, капитальный ремонт).

Объединение бюджета производства и технического нормирования эксплуатационной работы позволит:

- объединить систему эксплуатационных и финансовых показателей на основе плановых расчётов, обеспечивающих рыночную оценку перевозочного процесса;
- добиться установления целей и стратегии их достижения по принципу «сверху вниз»;
- оптимизировать использование ресурсов по минимуму эксплуатационных затрат;
- составлять бюджет не по отчётным данным прошедшей работы, а прогнозировать финансовые потоки и повысить эффективность их распределения;
- сбалансировать потребности в перевозках и реальные перевозочные возможности железной дороги;
- при дефиците ресурсов получать наибольший экономический эффект;
- денежные потоки привести в соответствие с ресурсами и установленными нормами их использования;
- обеспечить оптимальные финансовые результаты;
- увязать планирование финансовых обязательств предприятий, их выполнение и материальное стимулирование работников.

Для реализации перечисленных принципов необходимо осознание ставящихся

интеграционных задач для обеих сфер деятельности — бюджетной и технического нормирования, эксплуатационной работы.

ВЫВОДЫ

1. Как техническое нормирование эксплуатационной работы должно содержать экономическую оценку организации перевозочного процесса, так и бюджет производства должен основываться на показателях технического нормирования, а не на прогнозе по отчётным данным уже прошедшего времени.

2. Техническое нормирование эксплуатационной работы обязано включать в свой арсенал финансовые показатели и экономические инструменты, позволяющие реализовывать стратегию компании и обеспечивающие снижение себестоимости перевозочного процесса.

3. Бюджет производства должен стать реальным инструментом планирования и управления перевозочным процессом, для этого вместо экспертной оценки объёмных и качественных показателей предполагается использовать достоверный план перевозки грузов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснощёк А. А. Эстафета развития // Гудок. — 2016. — 26 июня. — С. 2–3.
2. Левин Д. Ю. Витте С. Ю. Выдающийся железнодорожник. — М.: Инфра-М., 2018. — 418 с.
3. Большая энциклопедия транспорта: в 8 т. — Т. 4: Железнодорожный транспорт. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. — 1039 с.
4. Левин Д. Ю. Потребности в перевозках и возможности железных дорог: Монография. — М.: Инфра-М, 2017. — 247 с.
5. Левин Д. Ю. Системность в управлении перевозочным процессом // Мир транспорта — 2018. — № 6. — С. 20–32.
6. Левин Д. Ю., Павлов В. Л. Расчёт и использование пропускной способности железных дорог. — М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2011. — 364 с.
7. Ху Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях. — М.: Мир, 1974. — 519 с.
8. Сметанин А. И. Техническое нормирование эксплуатационной работы железных дорог. — М.: Транспорт, 1984. — 295 с.
9. Левин Д. Ю. Теория оперативного управления перевозочным процессом. — М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2008. — 625 с.
10. Терёшина Н. П., Шкурина Л. В. и др. Бюджетирование на железнодорожном транспорте: Учебник. — М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2010. — 344 с. ●

Координаты авторов: **Левин Д. Ю.** — levindu@yandex.ru, **Шульженко З. С.** — shulgenkozs@center.rzd.ru.

Статья поступила в редакцию 30.08.2018, принята к публикации 10.11.2018.



RELATIONSHIP BETWEEN BUSINESS BUDGETING AND TECHNICAL REGULATIONS

Levin, Dmitry Yu., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Shulgenko, Zinaida S., Central Directorate of Traffic Management – branch of JSC Russian Railways, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The process of reforming railway transport requires the use of modern methods and tools of economic work. One of the key management tools that ensures the interrelation of the company's strategy with the tasks of numerous divisions is budgeting technology. Technical regulation of

operational work determines resources which are necessary for implementation of the transportation plan. A closer interaction of budget of production and technical regulation, in the authors' opinion, will make the transportation process more rational and will result in least material, technical, financial and economic costs.

Keywords: railways, production budget, technical regulation of operational work, market conditions, physical indicators, financial indicators.

Background. The transition of the Russian rail cargo transportation market to its current configuration began in 2003. Then, in accordance with the government program of structural reform, the entire economic complex of the mainline railway transport was transferred from the Ministry of Railways to the authority of a single economic entity – JSC Russian Railways. Simultaneously with the reform, the process of creating companies that are operators of cargo wagons that later formed the competitive field of the market, independent of the owner of the railway infrastructure, began.

The transition to market relations in Russia requires an adequate change in the style and methods of planning and managing the operational work of railways. The state is the only shareholder of JSC Russian Railways, and, of course, solving state tasks is the main priority of corporate structures. At the same time, the company as a commercial organization must work profitably. It should have resources for development, the ability to offer customers new attractive transport products [1, p. 2].

Objective. The objective of the authors is to consider relationship between business budgeting and technical regulations.

Methods. The authors use general economic and management methods, comparative analysis, evaluation approach, scientific description, mathematical methods.

Results.

«Everything new is well overlooked old»

To improve the production budget, a decision was made to improve the quality of planning of the use of locomotives (as one of the most costly resources) and responsibility for the use of resources of JSC Russian Railways. At the first stage, an economic assessment tool was introduced («Guidelines for development of an economic assessment of the service order for maintenance of locomotives in the fleet operated in a cargo type of traffic», order of JSC Russian Railways No. 2830 dated December 30, 2017). By the end of 2018, in the course of work in the new conditions, it was planned to create a system of responsibility of the holding company's structural units for proper development and execution of the production program and cost budget, and at the final stage – to automate the process of forming the demand for locomotive traction resources (2019–2020). As a result, the systems of service ordering will be linked between the functional branches and the budgeting process, making it possible to organize interaction in a new way, to assess the level of responsibility of executives and effectiveness of the efforts made.

Improving the system of budget management and planning of volume and quality indicators involves the use of a predictive business model of cargo traffic, which combines planning for the coming month and specification up to the level of loading and unloading stations, developing a pivot table of planning of car flows between stations and technical regulation of operational work (appropriate methodology was approved by Order of JSC Russian Railways No. 290r dated February 14, 2018).

The technical regulation of operational work, which determines the resources for implementation of the cargo transportation plan, and is intended to rationally organize the transportation process with the lowest material and technical costs, as before, is only formally related to budget planning and financial indicators. In market conditions, the main indicators are profit, income and expense, and only physical indicators are still involved in planning and management of operational work. This is not as harmless as it may seem.

Modern market relations are not something new, it is just a well forgotten old. The future Minister of Transport, Minister of Finance, Chairman of the Committee of Ministers Sergei Witte, in 1880, was appointed as the head of the operations department in the administration of the Society of South-Western Railways, which were unprofitable. He considered his main task to be the maximum increase in operating income, without which the deficit, which had already become chronic, could not be eliminated. He had solved this problem for the period from 1881 to 1885. Net income from operation of his roads increased from 4 million 300 thousand rubles up to 13 million 600 thousand rubles, or more than three times [2, p. 132]. No one of the subsequent leaders of the railways can boast this result. To do this, Witte, however, had to develop, neither more nor less, the basic principles of the theory of tariffs and put them into practice (on his own railway).

And here is the opposite example from our time. In the Big Transport Encyclopedia it is written: «Increasing the weight of a train makes it possible to reduce operating costs for maintenance of locomotive crews, acquisition and maintenance of locomotives, for fuel and electricity, and shunting work. 15–20 % of the current cost of railways is associated with the train weight. In the period 1990–1999 the average train weight on the railways of Russia increased by 252 tons (from 3093 tons to 3345 tons), which saved more than 1,2 billion rubles» [3, p. 917].

However, the above savings relate only to the mentioned operating costs, but apart from them, a

large list of other operating costs is associated with the train weight. And if we take them into account, the increase in the average train weight at that time led to losses. Why? Because in the 1990s, the volume of transportation on railways decreased by more than 2,5 times. And with a decrease in cargo turnover, the average train weight should have been reduced by about $\sqrt{2,5}$ times. Besides, on each railway, the efficiency of increasing the average train weight additionally depends on the technical equipment and load capacity.

Obviously, it is important to maintain quantitative and qualitative indicators in operational work, but in market conditions they should be linked to financial indicators, that is, the technical regulation of operational work implies both financial indicators and economic instruments.

Accordingly, the production budget, in order to determine the production program, should not just have a shortened list of quantitative and qualitative indicators of operational work, inventory and working fleet of rolling stock, infrastructure data, human resources, but coordinate production and financial plans, volume and cost indicators, contain mechanisms for the economic regulation of operational work.

Simple balance

A fairly quick transition to market relations in Russia was not accompanied by an adequate change in the style and methods of planning and managing operational and economic work.

The objects of budgeting should not be only incomes and expenses of railways and their subdivisions, i.e. cash flows associated with the transportation process, but also operational performance indicators that determine them. And this should not be formal as now.

While the balance of indicators is a significant concept for financial activities, the balance of transportation needs and transportation capacity should be not less important for operational work [4, p. 240]. Its absence leads to unjustified corporate losses. These losses are caused by both external and internal costs.

The imbalance in the needs and capabilities of rail transport causes external costs:

- failure to comply with regulatory deadlines for cargo delivery;
- material and moral costs due to non-fulfillment of contractual obligations;
- increase in transportation costs;
- reduction in the quality of transport services for cargo owners;
- reduction in competitiveness of JSC Russian Railways on the domestic and foreign cargo transportation markets.

Internal difficulties in operational work are non-fulfillment of specified quantitative and qualitative indicators, train schedules, technological standards for processing cars and trains; irreplaceable losses in throughput, processing and unloading capabilities; inefficient use of rolling stock and infrastructure, causing lower financial and economic results of railways.

In the on-line mode, the adjustment of the size of movement of trains and carrying capacity of sections is achieved by solving the problem of adjustment of saturation of sections by trains.

According to the Charter of rail transport, the carriage of goods by rail is carried out following the applications of shippers (form GU-12). Applications

are transmitted electronically through ETRAN system (an automated system for centralized preparation and editing of transportation documents), which has been operating in Russia since 2000.

The system ETRAN does not provide for verification of compliance of applications for transportation of goods with the transportation capabilities of railway transport. Almost automatically received, applications are included in the transportation plan. As a result, a part of shipments is delivered to consignees within an overdue period.

The creation of ETRAN automated accounting and now there is a single database of applications for shippers in an automated integrated system of branded transport services (AKS FTO).

At the next stage of development of ETRAN system, when planning cargo transportation, it is advisable to organize the accounting of the throughput and processing capacity of the infrastructure. The quality of the coordination of applications for transportation largely determines the creation of optimal conditions for train operation and the final economic indicators of rail transport.

It is proposed to use the theory of graphs and flows in networks to choose the route of wagons taking into account:

- the cost of carriage of goods, the volume of processed car flows, fuel consumption, non-productive mileage of rolling stock;
- the cargo transit time and other technical and economic indicators.

This allows to correctly assess the possibilities of existing configuration of the network of railways, technical means (rolling stock), facilities and devices (tracks, power supply, signaling and communications) and select their most efficient use that meets the requirements of carriers.

The balance of transportation needs and of transportation capabilities of railways, as previously indicated [5, pp. 21–23], is provided by the criterion for obtaining the highest fare (profit).

Railway network graph model

The solution to the problem of planning the transportation of goods provides that applications are superimposed on the model of the graph of the railway network. At each section applications (cars) «passing» on it are summarized. The amount of cars is divided by the average number of wagons in trains. The resulting number of trains is compared with the available capacity of the section. If the application does not exceed the capacity of the sections, it is included in the cargo transportation plan.

If the carrying capacity of one of the sections is exceeded, transportation in a roundabout (bypassing the section that has exhausted the available carrying capacity) with a charge for the actual distance of transportation is offered to the shipper. If the consignor refuses transportation in a roundabout, the application is rejected. As a result, a combination of applications arises, in which the number of cars (profit, cargo turnover, or weight of the cargo transported) in the sections will be maximum and the carrying capacity will not be exceeded.

For example, this is how the development of a transportation plan looks like if it is considered by the criterion for obtaining the highest fare. The description of the statistical infrastructure model of the railway network is shown in detail in [5,



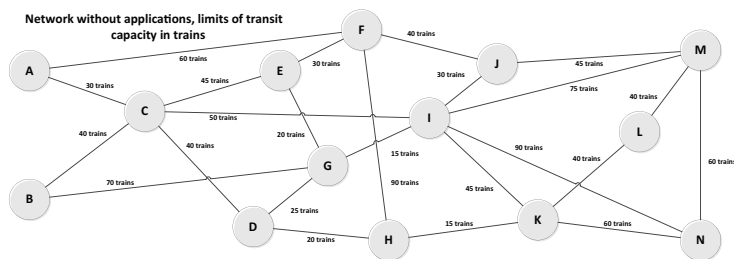


Fig. 1. A network of railways with carrying capacity of sections [5, p. 21].

p. 21–23]. We will expand the model, returning to and refining previously presented results, if necessary, taking into account data sources.

The statistical infrastructure model of the railway network is described by the graph:

$$G_k = \{V_k; R_k\},$$

where V_k – all v_k vertices of the graph – stations; R_k – all r_k edges of the graph – sections; k – sequence number, or designation of the vertex, or the edge on the graph [5, p. 21].

All data, defined as the parameters of the infrastructure model, are updated when a change is made.

The main sources of model parameters:

- for stations – an automated databank of technical and administrative acts of stations and technological processes;

- for sections – Network-3, ASOUP-2 software systems, normative and variant schedules and train formation plans drawn up at the Main Computer Center of JSC Russian Railways.

Further, as indicated, we determine that each edge of the calculated graph corresponds to a set of parameters (from the Network-3 system):

$$R_k = \{L_R, v_R^\mu, D_R^\mu\},$$

where L_R – length of the section bounded by stations (vertices) V_k , km; v_R^μ – section speed of cargo trains of various categories μ along the section, km/h; D_R^μ – technological time of travel on the section R_k of trains of the category μ , h ($D_R^\mu = L_R / v_R^\mu$).

V_i station receives regularized set of orders. The algorithm scans the tables of orders and forms the set S in the form of a table of orders, ordered by time. In accordance with the album of the shortest distances the applications are «superimposed» on the graph of the network of railways. At each section applications (cars), «passing» on it, are summarized. The amount of cars is divided by the average composition (number of wagons) of trains. The resulting number of trains is compared with the available capacity of the section n_i (Pic. 1) [5, pp. 21–22].

The task is to optimize profit r , received from applications s .

The representation of the objective function of the problem for its first variant, its solution through a recurrent two-step procedure are given in [5, p. 22–23].

At each stage, the set of applications is sequentially considered and the maximum profit from transported wagons (accepted applications) is calculated according to the following algorithm:

1. The ordered set S cyclically considers presence of unprocessed applications (block 1).
2. From the ordered set S , the next application s is taken (block 2).
3. For the application s , the route of transportation L and the sections I_i included in it are determined

according to the album of the shortest distances (block 3).

4. The I_i sections of applications s_i are cyclically viewed (block 4).

5. Sections I_i along the route (block 5) are consistently viewed.

6. In accordance with the distance along the shortest route, the freight charge r is determined (block 6).

7. The current number of cars t_i is determined for each section I_i along the route (block 7).

8. During the consideration of each application s_i by the accrued method, the current number of wagons in the sections is summarized, i.e. the number of wagons p from the application s_i is added to the current number of cars t_i in each segment I_i making part of the transportation route L (block 8).

9. The resulting increasing current number of cars t is divided by the normal number of cars in composition m and converted into a train flow N for each section (block 9).

10. The resulting train flow N is compared with the available transit capacity of section n :

$$\frac{t_j}{m_j} < n_j \text{ (block 10).}$$

11. With $N > n$, the bypass of the section is found with a corresponding increase in the fare (block 11).

12. If there is a detour around this section, the shipper is offered to send the cars via an alternative route (block 12).

13. At the completion of the cycle of viewing the options for transporting the dispatch, it is checked whether the option had been successfully found (block 13).

14. If the traffic capacity of a section is not exceeded or there is the consignor's consent to use an alternative route, the application is included in the transportation plan P with a corresponding increase in total profit (block 14).

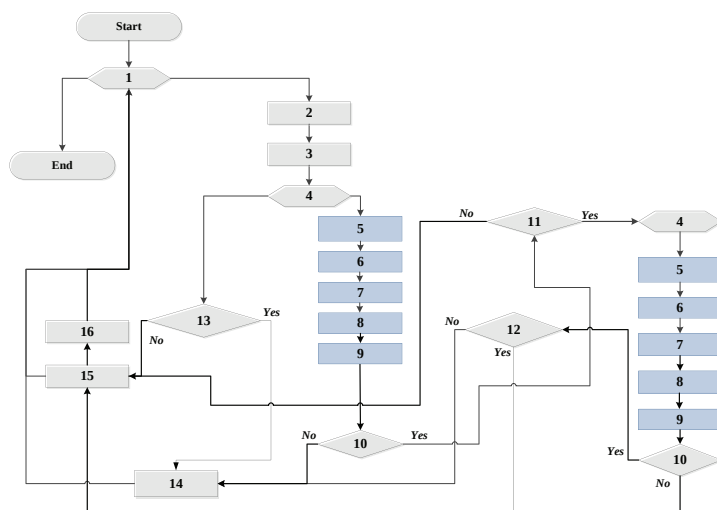
15. If the consignor disagrees to use the alternative route, or in its absence, the application is not included in the transportation plan P (block 15) and is transferred to the ordered set S_i of the next month (block 16).

The implementation of the algorithm in the form of a flowchart is presented in Pic. 2

Rules are not for form's sake

On the basis of the cargo transportation plan, technical standards for operational work are being prepared. The purpose of technical regulation is to ensure the implementation of the monthly transportation plan. To achieve this goal, the following tasks are solved:

- determining the volume of traffic for the upcoming month (on average per day) and its distribution along the roads and large stations;
- calculation of indicators to ensure the implementation of this amount of work;



Pic. 2. The flowchart of development of a transportation plan by the criterion for the maximum cost of shipments [5, p. 23].

• distribution of technical equipment and resources by railway units in accordance with the volume of their work.

The result of solving these problems is a system of indicators to be performed during the whole month, which are called technical norms.

At the stage of technical regulation, the volume of traffic, the direction of car flows, the transfer of cars to the junction points between roads, the tasks for transportation, the necessary resources, quantitative and qualitative indicators, indicators of rolling stock use, adjustment measures, etc. are set. Unfortunately, all this is done based only on the needs for transportation of goods – without taking into account the transportation capacity of the railways. The resulting unjustified losses due to the lack of a link between physical and financial indicators remain without a proper economic assessment.

Elimination of other shortcomings is required in technical regulation. The norms of operational work are determined before the beginning of the planned month, but at this time the plan usually contains only about 30 % of the upcoming traffic. That is, the modern transportation plan has ceased to be a complete and reliable information source, a basis for technical regulation. So expert methods have become an alternative option. Moreover, upcoming traffic volumes, as well as the technical capabilities of transport, carrying capacity and transit capacity of sections, processing capacity of stations are assessed expertly, while transportation resources of railways, loading and unloading capabilities of cargo facilities and stations, availability of cars and locomotives are almost never evaluated.

On the basis of detailed plans for transportation of goods, tables of loading in cars on the destination railways are compiled. Cargo loading volumes along destination railways and types of rolling stock are used to develop a consolidated network transportation plan, which is called «checkerwork». These «checkerworks» are compiled for each kind of rolling stock, with their help on each railway loading and unloading is planned. At the Main Computing Center of JSC Russian Railways, the size of loaded car flows for each inter-road joint point is determined.

However, it is impossible to determine the size of movement of laden traffic on specific sections, directions and inter-road joint points according to the «checkerwork», as it shows only inter-road loading correspondence. Therefore, it is necessary to go from

the inter-road correspondence to the correspondence between the joint stations of railways.

There are two ways to determine the planned laden car flows by given directions:

• approximate, when the volumes of laden car flows are obtained using the «checkerwork» with the help of special calculation tables, the so-called standards;

• «accurate» when according to the data of detailed transportation plans with indication of destination stations or contracts for the supply of products using a computer, the volumes of car flows for each section are found.

In the plans for transportation of goods, destination stations are indicated only in local traffic. Therefore, to determine the planned laden car flows the approximate method is used. For each inter-road joint point of the railway, two calculation tables (standards) are developed: one for the odd and the other for even directions. In the left part of these tables, all loading railways, the wagons from which should pass through this joint point, are recorded vertically, and the railways to which those cars arrive for unloading are recorded horizontally at the top of the table.

Calculation tables (standards) serve not only to identify cargo flows for monthly technical regulation of operational work, but also to develop a plan for formation and schedule of trains.

The distribution of loading at the exit points is determined by experts, based on the existing connections between the railways. This relationship is subject to daily changes in space and time. Therefore, the size and direction of car flows vary significantly.

Another discrepancy is associated with the choice of the direction of car flows. The shortest travel route is applied for which a freight charge is collected. For example, for a delivery from Omsk node to Sverdlovsk node the shortest route is through Tyumen, but through Kurgan node the running time is five hours less, and fuel consumption is 15 % less. Thus, in addition to the shortest route, an economically viable route may also be considered. Therefore, when choosing the route of cars, it is necessary to take into account:

• cost of transportation of goods, volume of processed car flows, fuel consumption, unproductive mileage of rolling stock;

• time spent on cargo transit and other technical and economic indicators.



To minimize time and resources

When planning the size of movement of trains within the areas with numerous branched sections, as we see, not only temporary factors are important, but also factors related to availability of resources for transportation. Optimization of planning of train work in time and resources allows for transit of the necessary train flow in the planned period with minimum resources or as soon as possible with the specified resources. Such an approach to the problem is especially significant in the technical regulation of the operational work of railways and shift-daily planning. It allows to properly assess the capabilities of the network configuration, technical means and devices, to choose the most effective use of them [6, p. 276].

The task of minimizing the cost of processing train flows in a mathematical form can be formulated as follows: each edge of the network corresponds to the throughput n_{ij} indicating the maximum train flow that can be processed through this edge. In addition, each edge b_{ij} is associated with the cost C_{ij} of processing of one train from the top a_i to the top a_j along the edge b_{ij} . It is necessary to find the train flow from the source to destination, which has a given value and has a minimum cost. Joint points of an area are mainly considered as source and destination points. And since the local train flow has its destinations within the area, in this case the flow with the minimum cost for transit trains is determined.

Formally, the task is to minimize $Z = \sum_{ij} C_{ij} b_{ij} z$ when:

$$\sum_i b_{ij} - \sum_k b_{jk} = \begin{cases} -N, & \text{if } j = S; \\ 0, & \text{if } j \neq S, t; \\ N, & \text{if } j = t; \end{cases}$$

$$0 \leq b_{ij} \leq n_{ij} \text{ (for all } i, j \text{)}.$$

This implies that N does not exceed the maximum flow from a_s to a_t , otherwise the problem has no solution. If there were no restrictions on the carrying capacity of the edges, then it would be enough to find the most economical way from a_s to a_t and to process the entire train flow through it.

In linear programming, there are computationally efficient algorithms (for example, see [7, p. 132]) that allow to get train flows of minimal cost.

Due to the seasonal and daily uneven loading of the lines during the «peak» periods, part of train flows cannot be processed along the shortest routes. At the same time, even if the maximum train flow is processed at some sections, the carrying capacity of an area with many branches of sections is not achieved. Movement of flows along alternate routes increases the network load and may worsen the conditions for processing of trains for which these routes are shortest. In some cases, there is a chain reaction caused by directing of train flows through alternative routes. In turn, an increase in the load of sections slows down the flow and impairs the use of the capacity. The costs associated with this determine the effectiveness of the use of alternative routes.

For each area with many branches of sections, it is desirable to determine such a load, the excess of which makes it inefficient to use bypass routes. In particular, it is possible to prohibit the use of sections for processing roundabout train flows when the intensity of traffic in these sections exceeds the capacity. Such an approach is quite likely when using the dynamic management of train flows on the railway network.

For efficient use of sections, it is advisable for each destination of car flows in terms of train

formation plan to determine the direct route (it may not be the shortest) to process the main load and detours for processing the excess load. In general, the entire flow of trains at each destination is the simplest (Poisson). However, the trains that make up the excess will no longer be such a simple flow. It becomes simple only at the moments when the intensity of movement along the shortest routes exceeds their carrying capacity, i.e. the occurrence of an excess flow is concentrated only during a part of the considered time interval. This means that the excess flow of trains is more concentrated, more irregular. With the same average traffic intensity, it requires larger capacity than the simplest flow.

The correctness of the calculation of loaded car flows on the railway network as a whole is checked for acceptance and delivery. These values should be equal to each other [8, p. 253].

Budget integration

The technical regulation of operational work of railways, which defines the guidelines for operational management of the transportation process, should clearly formulate the goal: what we want to achieve by making this or that decision. Longer time, on the one hand, requires an increase in the average train weight. On the other hand, it is necessary to increase the local speed. Both indicators are among the budget tasks of production. But the goals behind them are contradictory. There is an inversely proportional dependence between these indicators [9, p. 18]. While using one and the same technical equipment, increasing the train weight causes the need to reduce section speed and vice versa. At the same time, an increase in the average train weight and an increase in section speed can be achieved only if the power of locomotives increases, the condition of the track improves, etc., that is, if the technical equipment changes.

This situation reflects the contradictions of the modern rationing of operational performance indicators, when there are several goals. The problem of multiplicity of goals is still being solved by «administrative-command methods». Whereas goals must be prioritized. In our case, the train weight should take precedence when the capacity of sections is exhausted or is at a high level. As it was in the 1980s. In the absence of construction of new unloading lines and high throughput, the increase in the average train weight allowed at that time to increase the volume of annually transported cargo. In modern conditions, when after decrease in the transportation volume in 1991, we witnessed excessive capacity but a shortage of certain types of cars, priority should be given to the section speed, which allows to speed up the car turnover, reduce the effects of deficiency in rolling stock and use the existing fleet of cars to transport more cargo. Although in some directions with powerful car flows the dominant idea of increase in train weight can remain.

In order to achieve improvement in one of the indicators, one of the goals, it will be required to sacrifice other indicators. It is advisable to choose a «victim» by ranking the targets. For technical regulation and operational management of transportation the choice should be carried out following financial and economic indicators.

It is most efficient to carry out regulation of train work on cargo-intensive areas developing optimal operating conditions. For this, the vertical section in the standard schedule of traffic on cargo-intensive sections determines the maximum number of trains that can simultaneously be there. And the latter should

determine the number of trains that can be brought to the section and the necessary resources for this and, as a result, the calculated achievement of final results, operational and financial indicators.

The plan must contain not only indicators, but also ways to achieve them. Using the operating modes of shunting stations allows to create and maintain optimal conditions of their work. Similarly, the choice of optimal modes for the use of sections allows to create the optimal conditions for train work.

It is also timely to comment on the shortcomings of the modern budget, which are eliminated by its combination with the technical regulation of operational work.

The production budget determines the production program of the enterprise for the upcoming period. The railway industry is characterized by provision of volume and quality indicators in the budget [10, p. 85].

Information base of budgeting today is the management accounting system of the enterprise, and more simply – the reporting data for the past period. Thus, on the basis of the work done previously, the distribution of budgetary indicators is forecasted, including the expenses of the subdivisions for maintenance, overhaul, general business expenses, etc. As a result, the plans obtained through significant efforts do not become a sufficiently effective management tool, which is carried out mainly as before by the expert distribution of working capital for various current budget items.

The transition from a static to a flexible budget of expenditures makes it possible to adequately assess the activities of branches, determine the correct amount of their funding and improve the system of cost management.

The most important problem in this area is the realness of developed financial plans. Effective management is possible only if there is a reasonable plan for a relatively long period of time – a year, a quarter. The unreality of plans is caused, as a rule, by unreasonable sales planning data, a planned share of funds in calculations, underestimated repayment terms of receivables, and «bloated» financing needs (subdivisions' costs for maintenance, major repairs).

Combining the production budget and technical regulation of operational work will allow:

- to combine the system of operational and financial indicators on the basis of planned calculations, providing a market assessment of the transportation process;
- to establish goals and strategies to achieve them basing on the top-down principle;
- to optimize the use of resources at minimum operating costs;
- to budget not according to the reported data on the past work, but to forecast financial flows and increase the efficiency of their distribution;
- to balance the needs for transportation and the actual transportation capacity of the railway;
- to obtain the greatest economic effect with a shortage of resources;
- to adjust the cash flows in accordance with the resources and established norms for their use;

- to ensure optimal financial results;
- to link planning of financial obligations of enterprises, their implementation and material incentives for employees.

For implementation of these principles, it is necessary to realize the integration tasks for both spheres of activity – budget and technical regulation, operational work.

Conclusions.

1. As the technical regulation of operational work must contain an economic assessment of organization of the transportation process, the production budget should be based on indicators of technical regulation, but not on the forecast based on the reported data on the past time.

2. Technical regulation of operational work must include financial indicators and economic instruments that allow to implement the company's strategy and ensure a reduction of the costs of the transportation process.

3. The production budget should become a real tool for planning and managing the transportation process; for this, instead of an expert assessment of volume and quality indicators, a reliable cargo transportation plan is to be used.

REFERENCES

1. Krasnoshchek, A. A. Development relay [*Estafeta razvitiya*]. *Gudok*, 2016, 26 June, pp. 2–3.
2. Levin, D. Yu. Witte, S. Yu. Outstanding railway worker [Witte S. Yu. *Vydayushchiysya zheleznodorozhnik*]. Moscow, Infra-M publ., 2018, 418 p.
3. The Big Transport Encyclopedia: In 8 vol., Vol. 4: Railway transport [*Bolshaya entsiklopediya transporta: v 8 t. T. 4: Zheleznodorozhnyi transport*]. Moscow, Great Russian Encyclopedia, 2003, 1039 p.
4. Levin, D. Yu. Needs for transportation and possibilities of railways: Monograph [*Potrebnosti v perevozkakh i vozmozhnosti zheleznykh dorog: Monografiya*]. Moscow, Infra-M publ., 2017, 247 p.
5. Levin, D. Yu. Consistency in Transportation Process Control. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 6, pp. 20–32.
6. Levin, D. Yu., Pavlov, V. L. Calculation and use of the throughput capacity of railways [*Raschet i ispolzovanie propusknoi sposobnosti zheleznykh dorog*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2011, 364 p.
7. Hu, T. Integer programming and flows in networks [*Tselochislennoe programmirovaniye i potoki v setyakh*]. Moscow, Mir publ., 1974, 519 p.
8. Smetanin, A. I. Technical regulation of operational work of railways [*Tekhnicheskoe normirovaniye ekspluatatsionnoi raboty zheleznykh dorog*]. Moscow, Transport publ., 1984, 295 p.
9. Levin, D. Yu. The theory of operational management of the transportation process [*Teoriya operativnogo upravleniya perevozhnym protsessom*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2008, 625 p.
10. Tereshina, N. P., Shkurina, L. V. [et al]. Budgeting on railway transport: Textbook [*Byudzhetrovaniye na zheleznodorozhnom transporte: Uchebnik*]. Moscow, TMC for education on railway transport, 2010, 344 p.

Information about the authors:

Levin, Dmitry Yu. – D.Sc. (Eng), professor of the department of Management of operational work and transport safety of Russian University of Transport, Moscow, Russia, levindu@yandex.ru.

Shulgenko, Zinaida S. – deputy head of Economic service of Central Directorate of Traffic Management – branch of JSC Russian Railways, Moscow, Russia, shulgenkozs@center.rzd.ru.

Article received 30.08.2018, accepted 10.11.2018.





Анализ финансовых показателей облигационных выпусков холдинга



Людмила КОЧНЕВА
Lyudmila F. KOCHNEVA

Марина ЯКОВЛЕВА
Marina A. YAKOVLEVA



*Кочнева Людмила Фёдоровна — кандидат технических наук, доцент, заведующая кафедрой математики Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.
Яковлева Марина Александровна — кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономической теории и мировой экономики Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.*

Analysis of Financial Indicators of Bond Issues of a Holding Company

(текст статьи на англ. яз. — English text of the article — p. 123)

На российском рынке транспортных облигаций ОАО «РЖД» занимает ведущее положение. С 2010 года холдинг выпускает еврооблигации. Международные проекты требуют большого количества ресурсов в иностранной валюте. Но в современной ситуации выпуск облигаций сопряжён с серьёзными рисками. Среди них прежде всего валютный, риск неразмещения, процентный, репутационный. Применение нестандартных методов финансовой математики позволяет оценить риск выпущенных облигаций с точки зрения их погашения. Чтобы принять правильное решение относительно вложения средств, инвесторам рекомендуется сосредоточить внимание на таких показателях, как дюрация и отношение её к полному сроку облигаций.

Ключевые слова: финансы, экономика, холдинг, рынок корпоративного долга, кредитные рейтинги, еврооблигации, уязвимость эмитента, риски, дюрация, долговая нагрузка, кредитный портфель.

Для рыночной экономики характерно наличие определённых условий, которые должны учитываться современными компаниями. Среди них следует отметить, во-первых, укрупнение производства в результате роста концентрации и централизации капитала, а во-вторых, ограниченность ресурсов. Последнее относится и к финансовым ресурсам. При их ограниченности даже крупным компаниям не хватает собственных средств для финансирования своей текущей деятельности и развития. Решением проблемы является использование привлечённых средств. Одним из наиболее актуальных инструментов в этом смысле считаются облигации.

СЕГМЕНТ ОБРЕЧЁН РАЗВИВАТЬСЯ

В России рынок корпоративного долга или корпоративных облигаций возник в 1999 году. Банковское кредитование не могло покрыть потребности крупных компаний в ресурсах, и тогда в стране появились первые облигации. С тех пор этот сегмент финансового рынка динамично развивается.

Сегодня российский рынок облигаций испытывает влияние противоречивых факторов. Этим объясняется сочетание тренда на рост объёмов рынка с его сокращениями в отдельные периоды. Так, по данным аналитиков Cbonds, по состоянию на 1 ноября 2018 года объём рынка корпоративных облигаций России увеличился за месяц на 0,21 %. Общий объём всех выпусков корпоративных облигаций составил 11,666 трлн рублей, корпоративных еврооблигаций — 112,3 млрд долларов. В обращении находится 1353 эмиссии облигаций, выпущенных 401 эмитентом [1].

Одним из первых участников российского рынка облигаций была корпорация «Российские железные дороги». Первое размещение облигаций ею было осуществлено в 2004 году.

Ныне ОАО «РЖД» — одна из крупнейших транспортных компаний страны, Европы и мировой экономики. Она относится к стратегически важным компаниям России, размер её вклада в нашу экономику по итогам 2017 года составлял около 1,4 % ВВП. В собственности холдинга находится третья в мире по протяжённости железнодорожная сеть, 100 % акций компании принадлежит российскому государству.

«РЖД» ставит перед собой масштабные цели, включая формирование единого транспортного пространства России на базе сбалансированного опережающего развития эффективной транспортной инфраструктуры, обеспечение доступности и качества транспортно-логистических услуг. Объём денежных средств, израсходованных холдингом на инвестиционные цели, в первом полугодии 2018 года превысил 287 млрд рублей (для сравнения: в 2017 году — 251,495 млрд). Была продолжена реализация проектов, направленных на обновление парка локомотивов, повышение пропускной способности и обеспечение безопасности железнодорожной инфраструктуры.

Инвестиционная программа ОАО «РЖД» на 2018 год составляла 549,6 млрд рублей. Суммарные инвестиции в развитие железнодорожного транспорта до 2025 года оцениваются в 7,553 трлн рублей, из них около 150 млрд рублей пла-

нируется потратить на внедрение цифровых сервисов [2–4]. В числе масштабных проектов можно назвать модернизацию БАМа и Транссиба, развитие инфраструктуры в Московском железнодорожном узле, обновление железнодорожной инфраструктуры на подходах к портам Азово-Черноморского бассейна, создание высокоскоростной рельсовой магистрали Москва—Казань, строительство Северного широтного хода.

Естественно, на все эти цели привлекаются значительные средства. И не случайно на рынке транспортных облигаций ОАО «РЖД» занимает ведущее положение. С момента своего присутствия на рынке корпоративного долга компания получала достойные рейтинги от авторитетных кредитно-рейтинговых агентств Moody's, Standard & Poor's, Fitch [6].

Кредитные рейтинги используются для оценки платёжеспособности эмитента долговых обязательств. Финансовый смысл заключается в том, что чем выше кредитный рейтинг, тем надёжнее объект для инвестирования и тем ниже потенциальная доходность по долговым инструментам. Наличие рейтинга даёт возможность эмитенту предлагать свои ценные бумаги широкому кругу инвесторов. В целом кредитный рейтинг делает кредитора более известным и поднимает его репутацию на внутреннем и международном финансовых рынках. Так как у рейтинговых агентств существуют особенности в оценке факторов, влияющих на позиции эмитента долговых обязательств, многие компании предпочитают обращаться сразу к оценкам нескольких агентств.

РЕЙТИНГИ НАДЁЖНОСТИ

Кредитные рейтинги имеют две шкалы: по международной шкале эмитенты долговых обязательств сравниваются с другими странами и международными компаниями, а по национальной шкале сравнение эмитентов осуществляется в рамках одной страны. Корреспонденция международных шкал ведущих мировых агентств приведена в таблице 1. При этом международный кредитный рейтинг организации не может превышать кредитный рейтинг её страны.



Таблица 1

Соответствие международных шкал
Moody's, Standard & Poor's, Fitch

№	Moody's Investors Service	S&P Global Ratings	Fitch Ratings
1	Aaa	AAA	AAA
2	Aa1	AA+	AA+
3	Aa2	AA	AA
4	Aa3	AA-	AA-
5	A1	A+	A+
6	A2	A	A
7	A3	A-	A-
8	Baa1	BBB+	BBB+
9	Baa2	BBB	BBB
10	Baa3	BBB-	BBB-
11	Ba1	BB+	BB+
12	Ba2	BB	BB
13	Ba3	BB-	BB-
14	B1	B+	B+
15	B2	B	B
16	B3	B-	B-
17	Caa1	CCC+	CCC+
18	Caa2	CCC	CCC
19	Caa3	CCC-	CCC-
20	Ca	CC	CC
21	C	C	C

По данным группы международных проектов
ООО «Cbonds.Ru» [5, с. 2].

Для оценки надёжности объекта инвестирования используется также прогноз, который варьируется в рамках четырёх вариантов: позитивный (значение рейтинга может быть повышено), негативный (вероятность понижения), стабильный (значение рейтинга скорее всего не изменится), развивающийся (значение может быть повышено или понижено). Горизонт прогнозирования составляет от шести месяцев до двух лет.

Другим параметром является категория рейтинга. Шкала рейтингов всех агентств подразделяется на две категории: 1) инвестиционная обозначает группу стабильных, успешных эмитентов; 2) спекулятивная — более рискованная группа эмитентов. Так, рейтинги BBB+, BBB, BBB- относятся к инвестиционной категории и обозначают достаточную способность эмитента погашать финансовые обязательства при высокой чувствительности к неблагоприятной экономической конъюнктуре. Вероятность выплаты займа и процентов считается

адекватной, а степень риска меняется в зависимости от этапа развития экономики страны. Рейтинг BBB- при этом самый низкий в данной категории. Наивысшим рейтингом в спекулятивной категории выступает BB+. Он означает небольшую уязвимость эмитента в краткосрочной перспективе и более высокую его зависимость от негативных изменений в экономической и финансовой сферах. Выплаты по займам достаточно хорошо защищены.

За время присутствия на рынке облигаций ОАО «РЖД» поддерживало стабильный рейтинг, варьирующийся от BB+ до BBB+ (по шкале S&P). Наиболее низкие показатели отмечались в 2004 и 2016 годах. В 2004 году это можно объяснить выходом компании на рынок долговых обязательств, а рейтинг 2016 года представляется последствием снижения курса российской валюты и уменьшения потребительского спроса, повлиявших на результаты деятельности железных дорог.

Актуальные рейтинги и прогнозы приведены в таблице 2.

S&P и Moody's повысили рейтинг ОАО «РЖД», а Fitch в 2018 году не выставляло оценку. В целом компания имеет высокие рейтинги: долговые обязательства переведены из спекулятивной категории в инвестиционную. Облигации «РЖД» являются одними из самых надёжных на российском рынке, а кредитные рейтинги от национальных рейтинговых агентств находятся на максимальном уровне AAA.

ОБЛИГАЦИОННЫЕ ВИДЫ И РИСКИ

Все облигации, выпущенные ОАО «РЖД», делятся на следующие виды:

- биржевые облигации документарные процентные неконвертируемые на предъявителя с обязательным централизованным хранением серии 001P-R;
- биржевые облигации процентные документарные на предъявителя неконвертируемые с обязательным централизованным хранением серии БО;
- неконвертируемые процентные документарные облигации на предъявителя серии 08 с обязательным централизованным хранением серии БОБ;
- неконвертируемые процентные документарные еврооблигации серии «евро».

Инвестиционные рейтинги и прогнозы ОАО «РЖД»

№	Агентство	Дата последнего изменения	Международная шкала			
			Иностранная валюта		Национальная валюта	
			Рейтинг	Прогноз	Рейтинг	Прогноз
1.	S&P	27.02.2018	BBB-	Стабильный	BBB-	Стабильный
2.	Moody's	29.01.2018	Baa3	Позитивный	Baa3	Позитивный
3.	Fitch	29.09.2017	BBB-	Позитивный	BBB-	Позитивный

Составлено по данным архива рейтингов ОАО «РЖД» [6, с. 1].

Анализ структуры облигационных выпусков по срокам за период с 2009 по 2017 год показывает, что холдинг смещает приоритеты к дифференцированному подходу в вопросе сроков размещения. В 2014–2015 годах в структуре облигаций преобладали долгосрочные выпуски от 16 до 30 лет. Но в 2016 году ситуация изменилась: стали преобладать облигации сроком от 4 до 9 лет. Согласно долговой политике ОАО «РЖД» долгосрочные заёмные средства компания направляет на финансирование стратегически значимых и коммерчески эффективных инвестиционных проектов, а также на рефинансирование погашаемых обязательств. Краткосрочные заимствования обеспечивают гибкость в управлении текущей ликвидностью. Доля валютных заимствований в кредитном портфеле ОАО «РЖД» в 2017 году составила 35 % (предельное значение – 40 %), доля краткосрочной задолженности – 12 % (предельное значение – 15 %), средний срок заимствований – 8 лет (предельное значение – 7–10 лет) [7, с. 120].

Компания привлекала финансирование как на российском, так и международном рынках. 49,8 % кредитного портфеля холдинга представлены рублёвыми облигациями. Из них 23,7 % выпусков размещено в пользу рыночных инвесторов на срок от 3 до 20 лет и 26,1 % – в пользу государственных фондов (Пенсионный фонд и Фонд национального благосостояния) в виде долгосрочных инфраструктурных облигаций, размещённых в 2013–2015 годах на срок от 15 до 30 лет.

В период с 2009 по 2017 год ОАО «РЖД» привлекло на российском рынке 605,25 млрд рублей. При этом 40,6 % кредитного портфеля были представлены

еврооблигациями, размещёнными на срок от 4 до 20 лет в разных валютах (рубли, доллары США, евро, швейцарские франки). Цель такого размещения в привлечении валюты для возможного финансирования деятельности и проектов за рубежом, а также погашения валютной части кредитного портфеля. Интересно отметить, что ОАО «РЖД» стало крупнейшим корпоративным заёмщиком из России на международных рынках, сумевшим привлечь значительное число (до 40 %) иностранных инвесторов в рублёвые облигации [7, с. 121–122].

ОАО «РЖД» выпускает еврооблигации с 2010 года. Компания имеет ряд международных проектов в рамках МТК «Север – Юг», «Восток – Запад», «Приморье-1» и «Приморье-2», а также осуществляет управление железнодорожными системами, инжиниринг и реализацию инфраструктурных проектов за рубежом. Международные проекты требуют большого количества ресурсов в иностранной валюте. Но в современной ситуации выпуск облигаций в иностранной валюте сопряжён с серьёзными рисками.

При анализе обычно выделяются следующие риски.

Валютный – риск изменения валютного курса. Он взаимосвязан с облигациями, номинированными в иностранной валюте, еврооблигациями.

С проявлениями этого риска ОАО «РЖД» впервые столкнулось в 2014 году. В целях страховки себя от его последствий компания вынуждена принимать меры. Чтобы изменение курса валюты не влияло на финансовое положение эмитента, необходимо обеспечить стабильный и достаточный доход в валюте, к которой относятся облигации. Распространённым ин-



струментом в мировой практике является хеджирование: холдинг использует его для страхования валютных, процентных и ценовых рисков. Сделки заключаются с российскими и дочерними банками крупнейших международных банков в рамках SDA (Securities dealers association — ассоциация дилеров по ценным бумагам), помогающей поддерживать практику свопов и деривативов. Компания может одновременно с выпуском облигаций купить своп, который страхует от понижения курса валюты, негативных последствий риска. Политика риск-менеджмента ОАО «РЖД» исключает спекулятивные инструменты управления, операции с ненадёжными контрагентами и основной целью ставит снижение волатильности бюджетных параметров.

Оценка величины валютного риска ОАО «РЖД» и пользование инструментом управления таким риском основываются на размере открытой валютной позиции (ОВП), которая определяется как разница между входящими и исходящими денежными потоками в иностранных валютах. Соответственно на регулярной основе производится мониторинг и анализ денежных поступлений и оттоков в разных валютах для расчёта ОВП.

Постоянно существует риск неразмещения облигационного выпуска. Холдинг «РЖД» как эмитент нередко сталкивается с подобным риском. Например, из-за отсутствия спроса в общей сложности девять выпусков облигаций было аннулировано.

Процентный риск — это угроза изменения процентных ставок. Она отражается как на инвесторе, так и эмитенте. Всё зависит от того, в какую сторону будут двигаться ставки. Повышение их может негативно сказаться на инвесторе, тогда как понижение оказывает негативное влияние на эмитента. ОАО «РЖД», напомним, использует для страхования такого риска хеджирование.

Компания также сталкивается с *репутационными рисками*, хотя головная организация ОАО «РЖД» является безупречным заёмщиком: не нарушает сроков погашения обязательств, имеет статус монополиста в своей отрасли и поддержку государства. Однако на репутацию

компании может оказывать влияние финансовое положение дочерних и зависимых обществ, которых в 2017 году насчитывалось 119 [7, с. 185–187].

Так, например, на репутации головной компании мог сказаться технический дефолт ОАО «РЖД — Развитие вокзалов». В качестве его причин значилось «отсутствие денежных средств». Дефолт был допущен по облигациям на сумму 250 млн рублей. На тот момент 25,03 % акционерного капитала «РЖД–РВ» принадлежало АО «БАМинвест». В свою очередь, доля ОАО «РЖД» в уставном капитале «БАМинвест» составляла 82,84 % [7, с. 185–187; 8]. Таким образом, проблемы дочерней структуры с узнаваемой аббревиатурой пусть косвенно, но могли негативно повлиять на репутацию головной компании.

СРОКИ ПОГАШЕНИЯ

Для инвестора важно понимать, насколько он рискует при осуществлении вложений в облигации ОАО «РЖД». Несмотря на то, что облигация считается очень надёжным инструментом, риск присутствует всегда. При его оценке используется такой показатель, как дюрация. Дюрация — это средневзвешенный срок погашения или средневзвешенная продолжительность платежей. Данное понятие впервые ввёл Фредерик Маколей, чтобы получить оценку продолжительности инвестирования в облигацию и тем самым оценку риска для её держателя [15].

Для расчёта дюрации используем формулу:

$$D = \frac{\sum \frac{n \cdot S_n}{(1+i)^n}}{\sum \frac{S_n}{(1+i)^n}}, \quad (1)$$

где n — общий срок облигации; S — сумма платежа; i — ставка помещения.

Ставка помещения находится, исходя из потока доходов, который определяется формулой:

$$S = \frac{gN}{1+i} + \frac{gN}{(1+i)^2} + \dots + \frac{gN + N}{(1+i)^n}, \quad (2)$$

где g — ставка купона; N — номинал облигации; i — ставка помещения.

Расчёт дюрации ряда облигаций ОАО «РЖД»

№	Облигация, выпуск	Начало размещения	Дата погашения	Объём эмиссии, млн руб.	Период обращения (дней)	IRR в %	Доходность в %	D	D/n
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	РЖД-001Р-01R	07.04.2017	18.05.2032	15 000	5441	8,70	7,48	8,76	0,59
2.	РЖД-001Р-02R	27.04.2017	02.04.2037	15 000	7175	8,50	7,58	10,30	0,52
3.	РЖД-001Р-03R	18.05.2017	23.04.2037	15 000	7175	8,40	9,05	9,65	0,49
4.	РЖД-001Р-04R	17.08.2017	29.07.2032	15 000	5382	8,25	7,57	9,00	0,61
5.	РЖД-001Р-05R	20.02.2018	01.02.2033	20 000	5381	7,30	7,44	9,26	0,63
6.	РЖД-11-6об	22.02.2017	04.02.2032	25 000	5382	8,65	8,40	8,69	0,59
7.	РЖД-17-6об	27.05.2016	26.04.2041	25 000	8969	9,85	7,62	10,95	0,45
8.	РЖД-17-об	27.07.2009	16.07.2018	15 000	3229	7,50	6,75	6,74	0,76
9.	РЖД-18-об	27.07.2009	15.07.2019	15 000	3588	8,45	7,58	7,01	0,71
10.	РЖД-19-об	27.07.2009	08.07.2024	10 000	5381	8,15	6,98	9,18	0,62
11.	РЖД-23-об	04.02.2010	16.01.2025	15 000	5382	11,75	4,67	9,15	0,62
12.	РЖД-28-об	09.04.2013	21.03.2028	20 000	5382	8,20	7,05	9,15	0,62
13.	РЖД-2-6об	29.10.2015	16.10.2025	15 000	3587	11,20	7,15	6,69	0,68
14.	РЖД-30-об	26.11.2013	07.11.2028	15 000	5381	7,65	6,92	9,32	0,63
15.	РЖД-41-об	15.12.2016	27.11.2031	15 000	5382	9,40	7,07	8,90	0,60
16.	РЖД-7-6об	06.04.2016	25.03.2026	20 000	3589	10,30	7,15	6,80	0,69

При расчёте использованы данные [9, с. 1–2].

Расчёт дюрации некоторых облигаций компании в обращении представлен в таблице 3.

Реальный срок погашения облигаций существен для инвестора, поскольку он отражает риск и является индикатором при решении вопроса о вложении средств, покупателю всегда хочется понимать, как быстро они окупятся. Зависимость между средним сроком облигаций и рисковостью следующая: чем больше отношение дюрации к полному сроку облигаций, тем больше риск. По результатам расчётов мы видим, что наибольшим риском обладают облигации, размещённые в 2009 году сроком на девять лет, а наименее рисковые облигации, выпущенные в 2016 году сроком на 16 лет.

ДЮРАЦИЯ С НАГРУЗКОЙ

Применение нестандартных методов финансовой математики позволяет оценить риск выпущенных облигаций с точки зрения их погашения. Для того, чтобы

принять правильное решение относительно вложения средств, покупателям облигаций рекомендуется оценивать такие показатели, как дюрация и отношение её к полному сроку облигаций.

По итогам 2017 года общий объём кредитного портфеля ОАО «РЖД» увеличился на 17 % и составил 1060,2 млрд рублей [10]. Дальнейшее некоторое увеличение долговой нагрузки холдинга обусловлено наращиванием кредитного портфеля с целью финансирования возросшей инвестиционной программы, а также ростом рублёвого эквивалента валютных обязательств на фоне ослабления рубля относительно отдельных мировых валют по сравнению с началом 2018 года. В определённом смысле это результат динамики конъюнктуры мировых товарных рынков, на которую оказывают влияние следующие факторы:

- нарастание мер протекционистского характера, что, по мнению главы МВФ (Международного валютного фонда)



К. Лагард, повлечёт ухудшение прогноза роста мировой экономики. По оценкам Всемирного банка уже к 2020 году темпы роста ВМП (валового мирового продукта) снизятся до 2,9 % [11, 12];

- кризис мировой валютной системы, выражающийся, во-первых, в росте популярности современных суррогатов мировых денег — криптовалют; во-вторых в переходе на расчёты в национальных валютах и отказе от расчётов в долларах США;

- по мнению основателя крупнейшего в мире хеджфонда Bridgewater Associates Р. Далио, уже в ближайшие два года мир ожидает новый финансовый кризис. К таким выводам он пришёл в результате анализа структуры экономического цикла [13];

- рост политической нестабильности;
- расширение практики применения мер санкционного характера зачастую без одобрения профильных международных организаций.

В этой связи актуальным и заслуживающим внимания представляется опубликованный в сентябре 2018 года план ухода от расчётов в долларах США в пользу национальных валют, изложенный главой ВТБ А. Костиным. Один из пунктов этого плана заключается в необходимости перевода на российскую площадку размещения еврооблигаций и проведения лицензирования всех участников фондового рынка таким образом, чтобы все они работали по единым правилам. В число мер также включено предложение создать российский депозитарий для размещения еврооблигаций, т.е. заменить первичный депозитарий в виде Euroclear (международный депозитарно-клиринговый центр, основан в 1968 году, обслуживает внебиржевой международный фондовый рынок) российским аналогом [14].

Для выбора оптимальных инструментов инвестирования с помощью эмиссии корпоративных облигаций требуется поиск новых подходов. Нужны и учёт современных реалий, и серьёзная научная проработка теоретических и методологических проблем инвестирования в основной ка-

питал российских компаний с помощью инструментов рынка ценных бумаг, включая оценку эффективности такого инвестирования.

ИСТОЧНИКИ

1. Объём рынка корпоративных облигаций России. Релиз Cbonds 01.08.2018. [Электронный ресурс]: <http://www.ru.cbonds.info/news/item/1054527>. Доступ 27.11.2018.
2. Инвестиционная деятельность, отчётность компании ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: http://www.ir.rzd.ru/static/public/ru/?STRUCTURE_ID=35/. Доступ 27.11.2018.
3. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года (в сокращении) 03.07.2018. [Электронный ресурс]: <http://m.aftershock.news/?q=node/661328&full>. Доступ 27.11.2018.
4. ОАО «РЖД» направит на внедрение цифровых сервисов около 150 млрд рублей до 2025 года. Пресс-релиз 20.11.2018 ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=654&layer_id=4069&refererLayerId=3307&id=92814. Доступ 27.11.2018.
5. «Cbonds methodology for credit ratings_rus». [Электронный ресурс]: http://data.cbonds.info/configs/Ratings/Cbonds%20methodology%20for%20credit%20ratings_rus.pdf. Доступ 27.09.2018.
6. Архив рейтингов ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=43. Доступ 21.11.2018.
7. Годовой отчёт-2017 ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: <https://ar2017.rzd.ru/ru#company-profile>. Доступ 26.09.2018.
8. «РЖД—Развитие вокзалов» допустило дефолт по ofercie облигаций. [Электронный ресурс]: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2014/11/14/rzhdr-dopustilo-defolt-po-oferte-obligacij-1-j-serii>. Доступ 20.11.2018.
9. Выпуски облигаций ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]: <http://www.rusbonds.ru/emitttools.asp?emit=86695>. Доступ 16.05.2018.
10. Политика заимствований и долговые обязательства ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=66. Доступ 25.11.2018.
11. Лагард: мировой ВВП может упасть на \$430 млрд в 2020 году из-за таможенных пошлин. [Электронный ресурс]: <https://tass.ru/ekonomika/5384621>. Доступ 18.07.2018.
12. Всемирный банк подтвердил прогноз роста мирового ВВП. [Электронный ресурс]: <https://www.interfax.ru/business/615810>. Доступ 05.06.2018.
13. Миллиардер Рэй Далио предсказал финансовый кризис через два года. [Электронный ресурс]: <https://incussia.ru/news/dalio-ozhidaet-kризис/>. Доступ 19.09.2018.
14. Минфин поддерживает план Костина по отказу от доллара. [Электонный ресурс]: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=3061756>. Доступ 18.09.2018.
15. Галактионов И. Дюрация. Что это такое и почему она важна [Электронный ресурс]: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/diuratsiya-chto-eto-takoe-i-pochemu-ona-vazhna>. Доступ 20.08.2018. ●

Координаты авторов: **Кочнева Л. Ф.** – m-miit@yandex.ru, **Яковлева М. А.** – may134@list.ru.

Статья поступила в редакцию 16.11.2018, принята к публикации 20.12.2018.

ANALYSIS OF FINANCIAL INDICATORS OF BOND ISSUES OF A HOLDING COMPANY

Kochneva, Lyudmila F., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Yakovleva, Marina A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

JSC Russian Railways occupies a leading position on the Russian market of transport bonds. Since 2010, it has issued Eurobonds. International projects require a large amount of resources in foreign currency. The issuance of bonds is fraught with serious risks, which are particularly currency risk, risk of non-placement, interest risk, reputation risk. It is important for an

investor to understand the scope of risks when making investments in Russian Railways bonds. The use of non-standard methods of financial mathematics allows to estimate the risk of issued bonds in terms of their redemption. In order to make the right decision regarding investment, investors are encouraged to focus on indicators such as duration and its relation to the full term of the bonds.

Keywords: finance, economy, holding company, corporate debt market, credit ratings, Eurobonds, issuer vulnerability, risks, duration, debt burden, loan portfolio.

Background. For a market economy, there are certain conditions that must be taken into account by modern companies. Among them, it should be noted, firstly, consolidation of production as a result of increasing concentration and centralization of capital, and secondly, limited resources. The latter applies to financial resources. Once they are limited, even large companies lack their own funds to finance their current activities and development. The solution to the problem is the use of borrowed funds. Bonds are among the most relevant tools in this sense.

Objective. The objective of the authors is to analyze financial indicators of bond issues of JSC Russian Railways.

Methods. The authors use general economic and mathematical methods, comparative analysis, evaluation approach, statistical method.

Results.

The segment is doomed to develop

In Russia, the corporate debt or corporate bond market emerged in 1999. Bank lending could not meet the resource needs of large companies, and then the first bonds appeared in the country. Since then, this segment of the financial market has been developing dynamically.

Today, the Russian bond market is under the influence of contradictory factors. This explains the combination of the trend for growth in market volumes with its contractions in certain periods. Thus, according to analysts at Cbonds, as of November 1, 2018, the volume of the corporate bond market in Russia has increased over the month by 0,21 %. The total volume of all issues of corporate bonds amounted to 11,666 trillion rubles, corporate Eurobonds to 112,3 billion dollars. There are 1353 issues of bonds issued by 401 issuers [1].

One of the first participants in the Russian bond market was Russian Railways corporation. The first placement of bonds by it was carried out in 2004.

Today, JSC Russian Railways is one of the largest transport companies in the country, Europe and the world economy. It belongs to the strategically important companies of Russia, the size of its contribution to our economy at the end of 2017 was about 1,4 % of GDP. The holding owns the third largest railway network in the world, the state owns 100 % of the company's shares.

Russian Railways has set ambitious goals, including development of a unified transport space of Russia based on the balanced priority development of an efficient transport infrastructure, ensuring availability and quality of transport and logistics

services. The amount of funds spent by the holding for investment purposes in the first half of 2018 exceeded 287 billion rubles (for comparison: in 2017 – 251,495 billion). The implementation of projects aimed at upgrading the fleet of locomotives, increasing capacity and ensuring safety of the railway infrastructure was continued.

The investment program of JSC Russian Railways for 2018 amounted to 549,6 billion rubles. The total investment in the development of railway transport until 2025 is estimated at 7,553 trillion rubles, of which about 150 billion rubles will be spent on the introduction of digital services [2–4]. Among the large-scale projects are modernization of BAM and Transsib mainroads, development of infrastructure at Moscow railway junction, renewal of railway infrastructure at the approaches to the ports of Azov-Black Sea basin, creation of Moscow–Kazan high-speed rail line, and construction of the Northern Latitudinal Railway.

Naturally, significant funds are attracted to achieve these goals. And it is not by chance that in the market of transport bonds JSC Russian Railways occupies a leading position. Since its presence in the corporate debt market, the company has received decent ratings from reputable credit rating agencies Moody's, Standard & Poor's, Fitch [6].

Credit ratings are used to assess the solvency of the issuer of debt obligations. The financial implication is that the higher is the credit rating, the safer is the object for investment and the lower is the potential yield on debt instruments. The presence of the rating allows the issuer to offer its securities to a wide range of investors. Overall, the credit rating makes the lender more well-known and raises his reputation in the domestic and international financial markets. Since rating agencies have peculiarities in evaluating factors affecting the position of the issuer of debt obligations, many companies prefer to turn directly to the estimates of several agencies.

Reliability ratings

Credit ratings have two scales: according to the international scale, issuers of debt obligations are compared with other countries and international companies, and according to the national scale, comparison of issuers is carried out within one country. The correspondence of the international scales of the leading world agencies is given in Table 1. At the same time, the organization's international credit rating cannot exceed its country's credit rating.



Correspondence of international scales Moody's, Standard & Poor's, Fitch

No.	Moody's Investors Service	S&P Global Ratings	Fitch Ratings
1	Aaa	AAA	AAA
2	Aa1	AA+	AA+
3	Aa2	AA	AA
4	Aa3	AA-	AA-
5	A1	A+	A+
6	A2	A	A
7	A3	A-	A-
8	Baa1	BBB+	BBB+
9	Baa2	BBB	BBB
10	Baa3	BBB-	BBB-
11	Ba1	BB+	BB+
12	Ba2	BB	BB
13	Ba3	BB-	BB-
14	B1	B+	B+
15	B2	B	B
16	B3	B-	B-
17	Caa1	CCC+	CCC+
18	Caa2	CCC	CCC
19	Caa3	CCC-	CCC-
20	Ca	CC	CC
21	C	C	C

According to the group of international projects LLC Cbonds.Ru [5, p. 2].

To assess reliability of the investment object, the forecast is also used, which varies within four options: positive (the rating value may be increased), negative (the probability of decrease), stable (the rating value most likely will not change), developing (the value may be increased or decreased). The forecasting horizon ranges from six months to two years.

Another parameter is the rating category. The rating scale of all agencies is divided into two categories: 1) investment designates a group of stable, successful issuers; 2) speculative – more risky group of issuers. Thus, the ratings BBB+, BBB, and BBB- belong to the investment category and indicate a sufficient ability of the issuer to repay financial liabilities with a high sensitivity to adverse economic conditions. The probability of repayment of the loan and interest is considered adequate, and the degree of risk varies depending on the stage of development of a country's economy. The BBB-rating is the lowest in this category. The highest rating in the speculative category is BB+. It means a small vulnerability of the issuer in the short term and its higher dependence on negative changes in the economic and financial spheres. Loan payments are well protected.

During its presence on the bond market, JSC Russian Railways maintained a stable rating ranging from BB+ to BBB+ (according to the S&P scale). The lowest rates were observed in 2004 and 2016. In

2004, this could be explained by the company's entry into the debt market, and the 2016 rating appears to be a consequence of the depreciation of the Russian currency and the decrease in consumer demand, which affected the results of railways.

Actual ratings and forecasts are shown in Table 2.

S&P and Moody's upgraded the rating of JSC Russian Railways, and Fitch did not rate it in 2018. In general, the company has high ratings: debt obligations transferred from the speculative category to investment. Russian Railways bonds are among the most reliable in the Russian market, and credit ratings from national rating agencies are at the highest AAA level.

Bond types and risks

All bonds issued by JSC Russian Railways are divided into the following types:

- exchange-traded documentary interest non-convertible bearer bonds with obligatory centralized storage of 001P-R series;
- exchange-traded bearer interest-bearing non-convertible bonds with a mandatory centralized storage of BO series;
- non-convertible interest-bearing documentary bearer bonds of 08 series with obligatory centralized storage of BOB series;
- non-convertible interest-bearing documentary Eurobonds of euro series.

An analysis of the structure of bond issues by maturity for the period from 2009 to 2017 shows that

Table 2

Investment ratings and forecasts of JSC Russian Railways

No.	Agency	Last modified	International scale			
			Foreign currency		National currency	
			Rating	Forecast	Rating	Forecast
1.	S&P	27.02.2018	BBB-	Stable	BBB-	Stable
2.	Moody's	29.01.2018	Baa3	Positive	Baa3	Positive
3.	Fitch	29.09.2017	BBB-	Positive	BBB-	Positive

Compiled according to the archive of ratings of JSC Russian Railways [6, p. 1].

the holding company shifts priorities to a differentiated approach to the issue of maturities. In 2014–2015, long-term issues from 16 to 30 years prevailed in the structure of bonds. But in 2016 the situation changed: bonds for a period of 4 to 9 years began to prevail. According to the debt policy of JSC Russian Railways, the company allocates long-term borrowings to finance strategically significant and commercially viable investment projects, as well as to refinancement of repayable obligations. Short-term borrowings provide flexibility in managing current liquidity. The share of foreign currency borrowings in the loan portfolio of JSC Russian Railways in 2017 was 35 % (the marginal value is 40 %), the share of short-term debt was 12 % (the marginal value is 15 %), the average borrowing period is 8 years (the marginal value is 7–10 years) [7, p. 120].

The company attracted funding in both the Russian and international markets. 49,8 % of the loan portfolio of JSC Russian Railways is represented by ruble bonds. Of these, 23,7 % of the issues were placed in favor of market investors for a period of 3 to 20 years and 26,1 % in favor of state funds (the Pension Fund and the National Wealth Fund) in the form of long-term infrastructure bonds placed in 2013–2015 for term from 15 to 30 years.

Between 2009 and 2017, JSC Russian Railways attracted 605,25 billion rubles in the Russian market. At the same time, 40,6 % of the loan portfolio was represented by Eurobonds placed for 4 to 20 years in different currencies (rubles, US dollars, euro, Swiss francs). The purpose of such placement is to attract foreign currency for possible financing of activities and projects abroad, as well as repayment of the currency part of the loan portfolio. It is interesting to note that JSC Russian Railways has become the largest corporate borrower from Russia in international markets, which managed to attract a significant number (up to 40 %) of foreign investors in ruble bonds [7, pp. 121–122].

JSC Russian Railways has been issuing Eurobonds since 2010. The company has a number of international projects in the framework of ITC «North–South», «East–West», «Primorye-1» and «Primorye-2», as well as regarding managing railway systems, engineering and implementation of infrastructure projects abroad. International projects require a large amount of resources in foreign currency. But in the current situation, the issuance of bonds in foreign currency is fraught with serious risks.

The following risks are usually highlighted in the analysis.

Currency – the risk of changes in the exchange rate. It is interconnected with bonds denominated in foreign currency, Eurobonds.

JSC Russian Railways encountered the manifestations of this risk for the first time in 2014. In

order to insure itself against its consequences, the company is forced to take action. For the change in the exchange rate does not affect financial position of the issuer, it is necessary to ensure a stable and sufficient income in the currency to which the bonds belong. A common tool in world practice is hedging: the holding uses it to insure currency, interest and price risks. Transactions are concluded with Russian and subsidiary banks of the largest international banks in the framework of SDA (Securities dealers association), helping to support the practice of swaps and derivatives. At the same time with the issue of bonds, the company can buy a swap, which insures against currency depreciation and the negative consequences of the risk. The policy of risk management of JSC Russian Railways excludes speculative management tools, operations with unreliable counterparties, and the main goal is to reduce volatility of budget parameters.

The assessment of the currency risk of JSC Russian Railways and the use of a tool to manage such risk are based on the size of the open currency position (OCP), which is defined as the difference between incoming and outgoing cash flows in foreign currencies. Accordingly, on a regular basis, monitoring and analysis of cash receipts and outflows in different currencies is performed to calculate OCP.

There is a constant risk of non-placement of the bond issue. Russian Railways holding as an issuer often faces such a risk. For example, due to a lack of demand, a total of nine bond issues were canceled.

Interest risk is the threat of changes in interest rates. It affects both the investor and the issuer. It all depends on which way the rates will move. Their growth may adversely affect the investor, while a decrease has a negative impact on the issuer. JSC Russian Railways, we recall, uses hedging to insure such a risk.

The company also faces reputational risks, although the parent organization JSC Russian Railways is a flawless borrower: it does not violate the terms of repayment of obligations, has the status of a monopolist in its industry and state support. However, the company's financial standing may be affected by the financial position of its subsidiaries and affiliates, of which there were 119 in 2017 [7, pp. 185–187].

For example, the technical default of JSC Russian Railways – Development of railway stations could affect the reputation of the parent company. «Lack of funds» was mentioned as a cause. The default was allowed for bonds at the amount of 250 million rubles. At that time, 25,03 % of the share capital of JSC Russian Railways – Development of railway stations was owned by JSC BAMinvest. In turn, the share of JSC Russian Railways in the share capital of JSC BAMinvest was 82,84 % [7, pp. 185–187; 8]. Thus, the problems of a subsidiary with a



Calculation of duration of a number of bonds of JSC Russian Railways

No.	Bond, issue	Start of placement	Maturity date	Issue volume, mln rub.	Period of circulation (days)	IRR in %	Yield in %	D	D/n
1.	RZD-001P-01R	07.04.2017	18.05.2032	15 000	5441	8,70	7,48	8,76	0,59
2.	RZD-001P-02R	27.04.2017	02.04.2037	15 000	7175	8,50	7,58	10,30	0,52
3.	RZD-001P-03R	18.05.2017	23.04.2037	15 000	7175	8,40	9,05	9,65	0,49
4.	RZD-001P-04R	17.08.2017	29.07.2032	15 000	5382	8,25	7,57	9,00	0,61
5.	RZD-001P-05R	20.02.2018	01.02.2033	20 000	5381	7,30	7,44	9,26	0,63
6.	RZD-11-bob	22.02.2017	04.02.2032	25 000	5382	8,65	8,40	8,69	0,59
7.	RZD-17-bob	27.05.2016	26.04.2041	25 000	8969	9,85	7,62	10,95	0,45
8.	RZD-17-ob	27.07.2009	16.07.2018	15 000	3229	7,50	6,75	6,74	0,76
9.	RZD-18-ob	27.07.2009	15.07.2019	15 000	3588	8,45	7,58	7,01	0,71
10.	RZD-19-ob	27.07.2009	08.07.2024	10 000	5381	8,15	6,98	9,18	0,62
11.	RZD-23-ob	04.02.2010	16.01.2025	15 000	5382	11,75	4,67	9,15	0,62
12.	RZD-28-ob	09.04.2013	21.03.2028	20 000	5382	8,20	7,05	9,15	0,62
13.	RZD-2-bob	29.10.2015	16.10.2025	15 000	3587	11,20	7,15	6,69	0,68
14.	RZD-30-ob	26.11.2013	07.11.2028	15 000	5381	7,65	6,92	9,32	0,63
15.	RZD-41-ob	15.12.2016	27.11.2031	15 000	5382	9,40	7,07	8,90	0,60
16.	RZD-7-bob	06.04.2016	25.03.2026	20 000	3589	10,30	7,15	6,80	0,69

When calculating the data [9, pp. 1–2] were used.

recognizable abbreviation, even if indirectly, might have caused a negative effect for the reputation of the parent company.

Maturity dates

It is important for an investor to understand his risks when making investments in bonds of JSC Russian Railways. Despite the fact that the bond is considered a very reliable tool, the risk is always present. When assessing it, the indicator such as duration is used. Duration is the weighted average maturity or weighted average duration of payments. This concept was first introduced by Frederick Macaulay in order to obtain an estimate of the duration of investment in a bond, and thus an estimate of the risk for its holder [15].

To calculate the duration, we use the formula:

$$D = \frac{\sum \frac{n \cdot S_n}{(1+i)^n}}{\sum \frac{S_n}{(1+i)^n}}, \quad (1)$$

where n – total term of the bond, S – payment amount, i – rate of placement.

The placement rate is based on the income stream, which is determined by the formula:

$$S = \frac{gN}{1+i} + \frac{gN}{(1+i)^2} + \dots + \frac{gN + N}{(1+i)^n}, \quad (2)$$

where g – coupon rate, N – nominal value of the bond, i – placement rate.

The calculation of duration of some of the company's bonds in circulation is presented in Table 3.

The real maturity of bonds is essential for the investor, since it reflects the risk and is an indicator when deciding whether to invest. The buyer always wants to understand how quickly they will be paid off. The relationship between the average term of the bonds and the riskiness is as follows: the greater is the ratio of duration to the full term of bonds, the greater is the risk. According to the results of the calculations, we see that bonds placed in 2009 for a period of nine years have the greatest risk, and the least risky bonds are those issued in 2016 for a period of 16 years.

Duration with load

The use of non-standard methods of financial mathematics allows us to estimate the risk of bonds issued in terms of their redemption. In order to make the right decision regarding investment, bond buyers are encouraged to evaluate indicators such as duration and its relation to the full term of bonds.

At the end of 2017, the total volume of the loan portfolio of JSC Russian Railways increased by 17 % and amounted to 1060,2 billion rubles [10]. A further slight increase in the debt burden of the holding is due to the build-up of the loan portfolio in order to finance the increased investment program, as well as the growth of the ruble equivalent of foreign currency obligations against

the background of the ruble weakening relative to individual world currencies compared to the beginning of 2018. In a certain sense, it is the result of the dynamics of the conjuncture of world commodity markets, which is influenced by the following factors:

- the increase in protectionist measures, which, according to the head of the IMF (International Monetary Fund) C. Lagarde, will entail a deterioration in the forecast of global economic growth. According to the World Bank estimates, by 2020 the growth rate of the GWP (gross world product) will decrease to 2,9 % [11, 12];

- the crisis of the world monetary system, which is expressed, firstly, in the growing popularity of modern surrogates of world money – cryptocurrency; secondly, in the transition to settlements in national currencies and the refusal to settle in US dollars;

- according to R. Dalio, the founder of the world's largest hedge fund Bridgewater Associates, in the next two years, the world expects a new financial crisis. He came to such conclusions as a result of analyzing the structure of the economic cycle [13];

- growing political instability in the global economy;

- expansion of the practice of applying sanctions measures often without the approval of relevant international organizations.

In this regard, the plan for avoiding payments in US dollars in favor of national currencies, outlined by the head of VTBA. Kostin, published in September 2018 seems relevant and noteworthy. One of the points of this plan is the need to transfer to the Russian Eurobond placement site and conduct licensing of all participants in the stock market so that they all work according to the same rules. The measures also include a proposal to create a Russian depository for placement of Eurobonds, i.e. replace the primary depository in the form of Euroclear (the international depository clearing center, founded in 1968, serves the over-the-counter international stock market) with a Russian counterpart [14].

Conclusion.

Selection of the best investment tools with the issue of corporate bonds requires a search for new approaches. We also need to take into account modern realities, and serious scientific study of the theoretical and methodological problems of investing in the fixed capital of Russian companies with the help of securities market instruments, including assessment of effectiveness of such investments.

REFERENCES

1. Volume of the Russian corporate bond market. Cbonds Release 01.08.2018 [Ob'em rynka korporativnykh obligatsii Rossii. Reliz Cbonds 01.08.2018]. [Electronic resource]: <http://www.ru.cbonds.info/news/item/1054527>. Last accessed 27.11.2018
2. Investment activity, reporting of the company JSC Russian Railways [Investitsionnaya deyatel'nost', otchetnost' kompanii OAO «RZD»]. [Electronic resource]: https://www.ir.rzd.ru/static/public/ru/?STRUCTURE_ID=35/. Last accessed 27.11.2018.

3. The long-term development program of JSC Russian Railways until 2025 (abridged) 03.07.2018 [Dolgosrochnaya programma razvitiya OAO «RZD» do 2025 goda (v sokrashchenii) 03.07.2018]. [Electronic resource]: <http://m.aftershock.news/?q=node/661328&full>. Last accessed 27.11.2018.

4. JSC Russian Railways will invest about 150 billion rubles until 2025 to introduction of digital services. Press release of JSC Russian Railways 01.08.2018 [OAO «RZD» napravil na vnedrenie tsifrovyykh servisov okolo 150 mlrd rublei do 2025 goda. Press-reliz 20.11.2018 OAO «RZD»]. [Electronic resource]: http://press.rzd.ru/news/public/ru?STRUCTURE_ID=654&layer_id=4069&refererLayerId=3307&id=92814. Last accessed 27.11.2018.

5. Cbonds methodology for credit ratings rus. [Electronic resource]: http://data.cbonds.info/configs/Ratings/Cbonds%20methodology%20for%20credit%20ratings_rus.pdf. Last accessed 27.09.2018.

6. Rating archive of JSC Russian Railways [Arkhir reitingov OAO «RZD»]. [Electronic resource]: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=43. Last accessed 21.11.2018.

7. Annual Report 2017 of JSC Russian Railways [Godovoy otchet-2017 OAO «RZD»]. [Electronic resource]: <https://ar2017.rzd.ru/ru#company-profile>. Last accessed 26.09.2018.

8. Russian Railways – Development of Railway Stations has defaulted on bond offer [«RZD–Razvitiye vokzalov» dopustilo defolt po oferte obligatsii]. [Electronic resource]: <https://www.vedomosti.ru/business/news/2014/11/14/rzhd-rdopustilo-defolt-po-oferte-obligatsiy-1-j-serii>. Last accessed 20.11.2018.

9. Issues of bonds of JSC Russian Railways [Vypusk obligatsii OAO «RZD»]. [Electronic resource]: <http://www.rusbonds.ru/emittools.asp?emit=86695>. Last accessed 16.05.2018.

10. Borrowing policy and debt obligations of JSC Russian Railways [Politika zaimstvovaniy i dolgovie obyazatelstva OAO «RZD»]. [Electronic resource]: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=66. Last accessed 25.11.2018.

11. Lagarde: Global GDP could fall by \$430 billion in 2020 due to customs duties [Lagard: mirovoy VVP mozhet upast' na \$430 mlrd v 2020 godu iz-za tamozhennykh poshlin]. [Electronic resource]: <https://tass.ru/ekonomika/5384621>. Last accessed 18.07.2018.

12. The World Bank has confirmed the forecast for global GDP growth [Vsemirniy bank podverdil prognoz rosta mirovogo VVP]. [Electronic resource]: <https://www.interfax.ru/business/615810>. Last accessed 05.06.2018.

13. Billionaire Ray Dalio predicted a financial crisis in two years [Milliarder Ray Dalio predskazal finansoviy krizis cherez dva goda]. [Electronic resource]: <https://incussia.ru/news/dalio-ozhidaet-krizis/>. Last accessed 19.09.2018.

14. The Ministry of Finance supports Kostin's plan to abandon the dollar [Minfin podderzhivaet plan Kostina po otkazu ot dollara]. [Electronic resource]: <https://www.vesti.ru/doc.html?id=3061756>. Last accessed 18.09.2018

15. Galaktionov, I. Duration: What it is and why it is important [Dyuratsiya. Chto eto takoe i pochemu ona vazhna]. [Electronic resource]: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/diuratsiya-chto-eto-takoe-i-pochemu-ona-vazhna>. Last accessed 20.08.2018.

Information about the authors:

Kochneva, Lyudmila F. – Ph.D. (Eng), associate professor, head of the department of Mathematics of Russian University of Transport, Moscow, Russia, m-miit@yandex.ru.

Yakovleva, Marina A. – Ph.D. (Economics), associate professor, head of the department of Economic theory and world economy of Russian University of Transport, Moscow, Russia, may134@list.ru.

Article received 16.11.2018, accepted 20.12.2018.



Реновация подвижного состава: муниципальный лизинг и финансирование обновления



Ольга МАТАНЦЕВА
Olga Yu. MATANTSEVA

Иосиф СПИРИН
Iosif V. SPIRIN



Вениамин БОГУМИЛ
Veniamin N. BOGUMIL

Матанцева Ольга Юрьевна — доктор экономических наук, кандидат технических наук, заместитель генерального директора ОАО «НИИИАТ», Москва, Россия.
Спирин Иосиф Васильевич — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ОАО «НИИИАТ», Москва, Россия.
Богумил Вениамин Николаевич — кандидат технических наук, доцент МАДИ, Москва, Россия.

Urban Vehicle Fleet Renewal: Municipal Leasing and Financing of Replacement

(текст статьи на англ. яз. — English text of the article — p. 136)

Парк подвижного состава городского пассажирского транспорта имеет постоянно растущий физический и моральный износ. И надо своевременно успевать его реанимировать, обновлять.

Однако эта задача превращается в проблему из-за дефицита денежных ресурсов. Ранее реновация осуществлялась за счёт амортизации основных средств транспортных предприятий. Теперь это предписано делать за счёт прибыли, что влечёт за собой определённые потери и требует искать надёжные источники целевого финансирования. Именно о подобного рода источниках, способах их использования, поддержке тем самым развития пассажирского транспорта в городах, собственно, и идёт речь в публикуемой статье.

Ключевые слова: подвижной состав, городской пассажирский транспорт, экономика, амортизация основных средств, реновация подвижного состава, муниципальный лизинг, финансирование обновления.

В урбанистике и управлении транспортом получила распространение инновационная концепция устойчивого развития транспортных систем городов [1, 2]. При этом системными проблемами пассажирского транспорта для них остаются [3]:

- повышение качества и эффективности перевозок пассажиров;
- создание равнодоступной транспортной среды для всех пользователей, в том числе и для маломобильных пассажиров;
- снижение загрязнения окружающей среды;
- повышение безопасности перевозок пассажиров и дорожного движения;
- рационализация ответственности за перевозки со стороны публично-правовых образований, бизнеса и институтов гражданского общества;
- эффективное использование городских земель;
- формирование современной транспортной инфраструктуры;
- осуществление научно обоснованного планирования развития городского

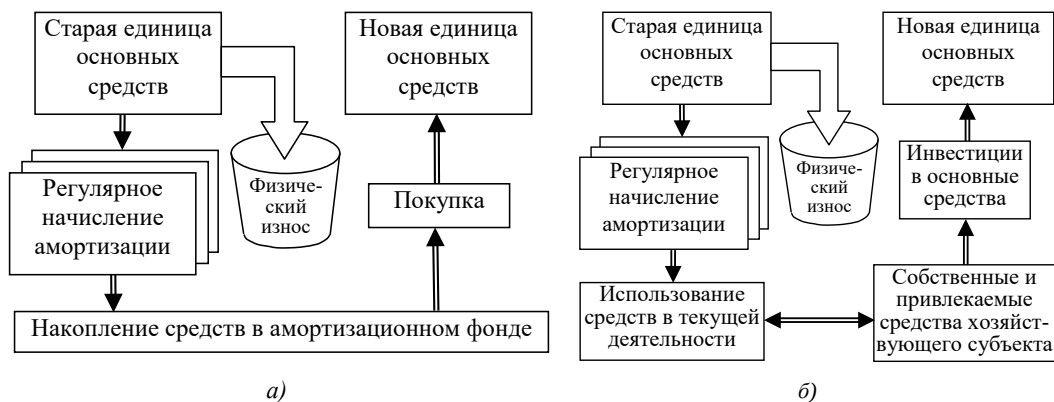


Рис. 1. Амортизационный цикл: а) применявшийся ранее; б) реализуемый при инвестиционном финансировании закупок основных средств.

пассажирского транспорта (ГПТ) и его инфраструктуры;

- совершенствование законодательства, регулирующего работу пассажирского городского транспорта и правоприменительную практику.

Успешность решения каждой из проблем во многом определяется использованием для перевозок пассажиров современного подвижного состава, который составляет главную по стоимости и активную по участию в производственном процессе часть основных фондов наземных видов ГПТ. В целом парк подвижного состава в городах имеет значительный физический и моральный износ. Только в связи с физическим износом замене подлежит более половины эксплуатируемых на маршрутах автобусов, троллейбусов и вагонов трамвая. Для непрерывного и экономически обоснованного обновления подвижного состава в столь непростой реальности требуются неординарные действия властей и самих транспортников.

ИНВЕСТИЦИИ «НЕ ДОГОНЯЮТ»

Ранее в отечественной экономике использовалась амортизационная модель обеспечения реновации за счёт амортизации основных средств. Согласно этой модели происходили:

- возврат инвестору вложенного капитала (через амортизационные начисления, включаемые в расходы по себестоимости и учитываемые при планировании тарифов и прибыли);
- накопление средств для приобретения основных средств в порядке их реновации.

Таким образом, амортизация обеспечивала простое воспроизводство изношенных основных средств, и только для их расширенного воспроизводства требовались новые инвестиции.

С введением в действие ПБУ 6/01 «Учёт основных средств» [5] и положений главы 25 Налогового кодекса РФ вторая из указанных задач во многом не решается по следующим причинам. Традиционная модель использования амортизационных отчислений исходила из закупки нового имущества в порядке реновации аналогичных по назначению физически изношенных объектов, относящихся к основным средствам. Амортизационные отчисления накапливались в амортизационном фонде, а затем использовались для оплаты приобретаемых новых основных средств (рис. 1а) [4]. Поэтому был организован кругооборот финансовых ресурсов, однажды инвестированных в основные средства. Дополнительное инвестирование требовалось только для обеспечения расширенного воспроизводства и в целях компенсации текущего удорожания новых основных средств.

В нынешних правовых и экономических условиях амортизация не рассматривается как непосредственно действующий механизм, обеспечивающий своевременную и полную реновацию основных средств хозяйствующего субъекта.

Согласно существующему порядку учёта расходов и доходов, приобретение основных средств трактуется как инвестиционная деятельность. Включённые в цены и тарифы амортизационные начисления нигде не накапливаются (амортизацион-



ный фонд ныне отсутствует), а в составе выручки используются в обороте для осуществления текущих платежей (рис. 1б) [4]. Возврат инвестированных средств и реновация осуществляются только из прибыли. Кругооборот однажды инвестированных финансовых ресурсов для целей реновации не осуществляется, поскольку каждый инвестиционно-реновационный цикл реализуется автономно. Необходимость инвестиционного способа реновации (то есть покупка основных средств за счёт прибыли) имеет следствием дополнительные затраты в связи с уплатой налога на прибыль.

Следует также учитывать значительное повышение цен на транспортные средства за срок их службы (как за счёт инфляции, так и удорожания более современного подвижного состава). Начисленная за этот срок амортизация не поспевает за ростом цен.

Субъекты малого предпринимательства, которых особенно много на автомобильном транспорте, не могут организовать кругооборот амортизационных начислений для целей реновации основных средств (преимущественно предприниматель эксплуатирует единственный автобус). Поэтому в малом бизнесе и при массовых закупках приобретение новых основных средств может осуществляться исключительно в форме единовременных инвестиций капитала, производимых из прибыли перевозчика или за счёт привлекаемых им средств из сторонних источников.

Массовая закупка подвижного состава требует значительных разовых инвестиций. По окончании срока службы, при списании транспортных средств ввиду их физического износа потребуются аналогичные по объёму средства для инвестиций в простое воспроизводство изношенного парка. Прочее имущество транспортной организации, как правило, в значительной мере изношено (амортизация на него была полностью начислена ранее) и не обеспечивает текущей суммы амортизационных начислений, которая могла бы быть использована для финансирования закупок подвижного состава и иных основных производственных средств.

Таким образом, транспортные организации не имеют достаточных средств для

своевременной реновации своего имущества, более 60 % которого составляет подвижной состав. Теоретически финансовой опорой реновации парка подвижного состава в сложившихся условиях должен становиться механизм амортизации основных средств [4, 7]. Однако вследствие длительного действия дотационного подхода к возмещению перевозчикам их расходов, постоянно усугубляющегося недостаточного бюджетного финансирования транспорта общего пользования и инфляционных процессов в экономике возникла ситуация, при которой имеющихся средств не хватает даже для простого воспроизводства основных средств.

Амортизация на уже полностью изношенную часть парка длительное время не начисляется. По ходу обновления модельного ряда и модернизации выпускаемой продукции цены на подвижной состав постоянно увеличиваются. Сумма амортизационных отчислений не покрывает и десятой части потребностей в реновации. Амортизационная составляющая как часть выручки от перевозок постоянно участвует в обороте средств транспортной организации. В связи с тем, что эти средства уже израсходованы (запущены в оборот), их не удаётся одномоментно мобилизовать для покупки подвижного состава или иного имущества. Это привело к образованию так называемых «амортизационных ножниц».

Теоретически для обеспечения возможности финансирования приобретения нового автобуса за счёт амортизационных отчислений в текущем месяце перевозчик должен эксплуатировать не менее 120 автобусов. Тогда, исходя из расчётного срока службы 10 лет, ежемесячно на весь парк будет начисляться сумма амортизации, достаточная для приобретения одной новой машины. Но и в этом случае понадобятся дополнительные деньги для компенсации выросшей цены автобуса по сравнению с ценами эксплуатируемых аналогов, купленных 10 лет тому назад. В результате покупку нового автобуса, по сути, придётся осуществлять в форме разовой инвестиции за счёт средств самого предпринимателя. Это автоматически приведёт к увеличению налоговой нагрузки на перевозчика, что потребует дополнительных финансов.

Практически инвестиции в приобретение нового подвижного состава часто осуществляются за счёт бюджетных средств, безвозвратно предоставляемых ежегодно крупным транспортным компаниям (так называемый «бюджетный подарок»). В общей сумме средств, направляемых на закупки подвижного состава, доля бюджета доходит до 85–90 %. Такая практика приводит к следующим негативным последствиям:

- ежегодно расходуются значительные бюджетные деньги (до 4 % и более бюджета муниципальных образований), никак не возмещаемые за счёт деятельности перевозчиков, причувствующих к постоянным бюджетным подаркам и переставших думать о налаживании экономически правильного порядка воспроизводства изношенных основных средств;

- амортизационный механизм как способ обеспечения реновации на городском пассажирском транспорте не действует, а начисленная амортизация распыляется и соответствующие ресурсы расходуются на текущие цели.

ЛИЗИНГОВОЕ ПАРТНЁРСТВО

Переломить рассмотренную негативную тенденцию за счёт мобилизации собственных источников финансирования организациями транспорта не представляется возможным.

Разрешить проблему обновления парка подвижного состава в известной мере способен лизинг, который в современной экономике представляет быстрорастущий сектор финансовых услуг.

Особый эффект сулит использование государственно-частного партнёрства в форме так называемого «муниципального лизинга», порядок отношений сторон которого изложен в [4]. Основные принципы муниципального лизинга:

- синтез внутриполитического и экономического подходов к проблеме обеспечения подвижным составом транспорта общего пользования;

- интеграция усилий бизнеса, органов государственной (муниципальной) власти и управления и различных институтов общества в интересах пассажиров;

- дифференциация размеров и форм дивидендов, получаемых участниками лизингового проекта;

- использование эффекта масштаба за счёт концентрации лизинговых операций;
- опора на производственные возможности отечественных производителей подвижного состава.

Главная идея муниципального лизинга состоит в том, что он противопоставляется сложившейся практике закупок подвижного состава различными транспортными организациями порознь. Преимущества обеспечивает концентрация работы по закупке подвижного состава в едином центре. Таким центром может стать специально образованное для этого акционерное общество, либо он способен существовать как ассоциация, учреждённая органами исполнительной власти, уполномоченными распоряжаться имуществом транспорта общего пользования при участии лизинговых компаний, производителей подвижного состава и транспортных организаций.

Основными экономическими отличиями от традиционных схем лизинга является привлечение к участию в деятельности центра широкого круга юридических лиц и гибкое регулирование системы интересов и дивидендов (таблица 1).

За счёт большого числа участников из различных городов России становится возможным приобретать транспортные средства у производителей в больших количествах, а значит по минимальной цене. Открываются перспективы для чёткого и обоснованного определения потребности в подвижном составе, что даёт основание к целевой разработке и запуску в производство рационального по пассажировместимости типоразмерного ряда автобусов, троллейбусов и вагонов трамвая. Заводы получают гарантированную производственную программу на обозримое будущее. Создаются финансовые предпосылки к расширению выпуска подвижного состава, обеспеченного платежеспособным спросом. Отметим, что эти преимущества особенно ценны с точки зрения активизации деятельности отечественных товаропроизводителей.

Для финансирования этого проекта вместо ежегодно производимых единовременных вливаний бюджетных средств на цели обновления подвижного состава должен будет организован кругооборот однократно выделенных финансовых ре-



Состав участников лизингового проекта и их интересы

Юридический статус участника (учредителя)	Способ образования капитала компании	В чём выражен интерес участника
1. Орган исполнительной власти, осуществляющий распоряжение государственным или муниципальным имуществом.	Одноразовая передача бюджетных средств, обычно направляемых на приобретение для ГПТ нового подвижного состава.	Не требуется дивидендов в денежной форме. Взамен этого городское хозяйство получает предметы лизинга дешевле, чем обычно. Поэтому дивиденды поступают в форме политического капитала — решения социальных проблем города.
2. Коммерческие организации, не упомянутые далее в таблице.	Любой допустимый, преимущественно в форме перечисления денежных средств.	Получение обычных дивидендов в денежной форме или в виде различных натуральных прав, предоставляемых городом.
3. Заводы—производители предметов лизинга (прежде всего автобусов, троллейбусов и вагонов трамвая).	Возможна передача в зачёт доли вносимого капитала готовой продукции — предметов лизинга.	Запуск механизма производства и сбыта предметов лизинга под контролем представителя производителя в правлении компании. В этом случае дивиденды завода могут быть минимальны — он получит основное преимущество через прибыль от устойчивой реализации продукции.
4. Банки и иные учреждения кредитно-финансовой сферы, являющиеся агентами по платежам органов государственной власти и местного самоуправления.	Денежные средства, агентские услуги.	Сохранение налаженных агентских отношений с органами власти при получении умеренных дивидендов в денежной форме и в виде натуральных прав, предоставляемых городом.

сурсов. Появляется шанс положить конец порочной практике расхода безвозвратно потребляемых денежных средств на «бюджетные подарки» перевозчикам.

Лизинг подвижного состава выгоден и конечному получателю транспортной услуги — пассажиру. Он платит за перевозку по тарифу и как налогоплательщик участвует в финансировании транспорта из централизованных источников. Поэтому — важнейший субъект экономических отношений и основной источник финансовых ресурсов. Для пассажира муниципального транспорта применение лизинга влечёт за собой повышение качества услуг по перевозкам за счёт повышения частоты и регулярности движения на маршрутах, а также рационализацию использования налоговых платежей.

Заметим, что наличие муниципального лизинга не исключает и централизованное бюджетное финансирование на нужды развития ГПТ [8].

В случае применения схемы муниципального лизинга суммы амортизации, включённые в стоимость оказанных услуг, впоследствии не распыляются на финансирование различных платежей, а целевым образом направляются на простое воспроизводство основных средств. Для формирования достаточных ресурсов на обнов-

ление подвижного состава (простое воспроизводство) целесообразно к суммам амортизации добавлять часть чистой прибыли. Расширенное воспроизводство основных производственных средств всегда будет требовать дополнительного финансирования, причём возможны две ситуации:

- во-первых, если расширенное воспроизводство осуществляется по инициативе транспортной организации, дополнительные средства она должна изыскивать самостоятельно;
- во-вторых, если расширенное воспроизводство совершается по инициативе внешних органов (заказчика муниципальных перевозок), справедливо полагать, что они же должны обеспечить и дополнительное финансирование.

В реальных условиях для перевозчиков ГПТ, как правило, отсутствует возможность использовать внутренние источники финансирования в связи с отсутствием средств. Повсеместно звучат заявления об убыточности их деятельности из-за централизованно устанавливаемых тарифов (социально благоприятных, но коммерчески неприемлемых). Убыточность перевозок пассажиров транспортом общего пользования объясняется неумением государственных (муниципальных) заказчиков

осуществлять финансирование в соответствии с размерами существующих денежных средств.

Эту проблему призван решить Федеральный закон от 13.07.2015 № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Закон устанавливает, образно говоря, принцип «по одежке протягивай ножки». А именно, на органы исполнительной власти возлагается обязанность организовывать и финансировать перевозки по регулируемым тарифам на маршрутах. Формирование системы таких маршрутов должно осуществляться в пределах имеющихся для их финансирования средств. Остальные перевозки могут выполняться на условиях нерегулируемых государством тарифов.

АМОРТИЗАЦИЯ И КОМПЕНСАЦИЯ

В бухгалтерском учёте допускается любой из четырёх способов начисления амортизации:

- а) линейный;
- б) уменьшаемого остатка;
- в) списания стоимости по сумме чисел лет срока полезного использования;
- г) списания стоимости пропорционально объёму продукции.

Для пассажирского транспорта объём продукции за определённый период времени выражается одним из следующих показателей:

- а) объёмом перевозок, пасс.;
- б) пассажирооборотом, пасс.-км;
- в) пробегом транспортных средств по маршрутам, км.

В работах [6, 7] представлены рекомендации по выбору наиболее рационального способа начисления амортизации с учётом различных схем организации транспорта. Каждый из способов по-своему влияет на темпы накопления амортизационных отчислений.

При линейном способе начисляемая сумма амортизации остаётся неизменной в пределах отведённого ей периода (года).

При использовании способа уменьшаемого остатка первоначально начисляются

большие суммы амортизации (ускоренное начисление амортизации). В последующие расчётные периоды суммы прогрессивно уменьшаются. Этот способ не рекомендуется для накопления средств на воспроизводство, так как сумма начисленной амортизации не будет равна первоначальной стоимости даже за весь срок службы объекта.

Наилучшие условия накоплению собственных средств для воспроизводства подвижного состава посредством аккумуляирования амортизационных отчислений обеспечивают способы по сумме чисел лет и пропорционально пробегу. В этих случаях в течение первой половины срока полезного использования имущества накапливается большая часть суммы амортизации. Кроме того, оба способа позволяют осуществлять компенсацию последствий инфляционного дрейфа цен на амортизируемые объекты [7, 10].

Начисление амортизации пропорционально объёму продукции производят с учётом соотношения первоначальной стоимости объекта основных средств и предполагаемого объёма создаваемой продукции за весь срок полезного использования этого объекта. Такой способ целесообразен для подвижного состава с установленной нормой амортизационных отчислений в процентах от стоимости транспортного средства на каждые 1000 км его пробега. В этом случае обеспечивается более полное соответствие расчётного (начисляемого) износа имущества и реального его износа (определяемого по пробегу), что позволяет ускорить формирование объёма средств, необходимых для приобретения нового имущества.

При начислении амортизации пропорционально объёму продукции её норму устанавливают равной отношению первоначальной балансовой стоимости транспортного средства $C_{пб}$ к его нормативному пробегу до списания L_H за расчётный период времени:

$$H_A = \frac{C_{пб}}{L_H}, \text{ руб./км.} \quad (1)$$

Сумма начисленной амортизации за расчётный период времени составит:

$$A = L_{пр} \cdot H_A, \quad (2)$$



где $L_{\text{рп}}$ — пробег за расчётный период времени.

Начисление амортизации пропорционально пробегу наиболее соответствует физическому износу транспортных средств [6, 7].

Амортизационные накопления на полное воспроизводство основных средств определяются сальдо по регулируемому счёту 02 «Амортизация основных средств». Он предназначен для учёта остаточной стоимости объекта основных средств и не может служить для установления источника финансирования их обновления.

Размер необходимых средств для финансирования обновления устанавливается расчётом. Для этого следует вести аналитический учёт начисления амортизации, направляемой на обновление основных средств.

Зарезервированные на расчётном счёте суммы начисленной амортизации и части прибыли, направляемой на накопление, образуют средства, которые могут использоваться:

- а) на цели производственного и научно-технического развития;
- б) образование финансовых активов (приобретение ценных бумаг, вклады в уставный капитал других хозяйствующих субъектов).

Чтобы обеспечить гарантированное использование средств целевого финансирования по назначению, необходимо ввести систему, позволяющую сформировать собственные источники для инвестиций в обновление транспортных средств [8, 10]. Для этого в идеале следует провести корректировку нормативных актов по бухгалтерскому учёту, закрепив в нём нормы, согласно которым будет восстановлена утраченная функция амортизации основных средств — служить источником для целей их простого воспроизводства. Восстановленная функция позволит освободить перевозчиков от налогообложения денежных средств, направляемых на реновацию в порядке использования ранее начисленной амортизации.

Однако корректировка актов федерального законодательства является достаточно долгой и сложной процеду-

рой. Пока же частичное решение проблемы может быть достигнуто путём увязки предоставления целевых бюджетных средств с обязательствами транспортных организаций, получающих соответствующие ресурсы, накапливать амортизацию по ним в течение всего срока их полезного использования. Это обеспечит в итоге получение суммы, равной первоначальной стоимости эксплуатируемого транспортного средства, к которой необходимо будет добавить дополнительные деньги из чистой прибыли, чтобы их было достаточно для приобретения нового транспорта.

Во время срока полезного использования внеоборотных амортизируемых активов списание средств со счетов целевого финансирования производится периодически.

Средства целевого бюджетного финансирования будут использованы эффективно, если транспортной организации создадут правовые, экономические и организационные условия для образования собственных источников реновации подвижного состава.

Дело в том, что амортизация, начисляемая на транспортное средство, приобретённое за счёт целевых бюджетных денег, включается в себестоимость выполненных работ и отражается в финансовых результатах организации транспорта на счёте «Прочие доходы и расходы».

Для обеспечения прибыли пассажирским транспортным организациям необходимо осуществлять возмещение затрат на перевозки (включая амортизацию) и недополученных доходов автомобильным транспортом общего пользования, возникающих при наличии льгот и преимуществ по тарифам, установленным законами или иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, субъектов РФ и муниципальных образований в полном объёме за счёт средств бюджетов соответствующих уровней [9].

ВМЕСТО ЗАКЛЮЧЕНИЯ

В рамках рассмотренных проблем и вариантов реновации подвижного состава городского пассажирского транспорта и с учётом отсутствия достаточных

денежных средств в местных бюджетах и бюджетах субъектов РФ представляет ся целесообразным и возможным:

- обеспечить создание целевых бюджетных фондов поддержки развития пассажирского транспорта (например, за счёт штрафных санкций за нарушение правил дорожного движения и платы за парковку) для финансирования регулярных перевозок автомобильным и городским электрическим транспортом (в т.ч. формирования источников финансирования обновления подвижного состава для пассажирских перевозок);

- осуществлять за счёт целевых бюджетных фондов единовременное целевое бюджетное финансирование приобретения подвижного состава с последующим контролем накопления амортизационных отчислений и их целевого использования для обеспечения последующего перехода на самофинансирование обновления транспортных средств;

- внести изменения в нормативно-правовые акты федерального законодательства для совершенствования амортизационной политики путём обеспечения целевого использования соответствующих амортизационных отчислений только на обновление подвижного состава;

- рекомендовать применение способа начисления амортизации — пропорционально пробегу транспортного средства — в целях обеспечения соответствия реального износа объекта основных средств сумме начисленной амортизации.

Указанные рекомендации, полагаем, позволят помочь решить проблему финансирования обновления подвижного состава городского автомобильного и электрического пассажирского транспорта общего пользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. May A. Urban transport and sustainability: The key challenges, *International Journal of Sustainable Transportation*. — 2013. — Vol. 7. — No. 3. — pp. 170–185.
2. May A., Boehler-Baedeker S., Delgado L., Durlin T., Enache M., van der Pas J.-W. Appropriate

national policy frameworks for sustainable urban mobility plans. — *Eur. Trans. Res. Rev.* — 2017. — Vol. 9. — Iss. 1:7. — pp. 6–16.

3. Spirin I., Zavyalov D., Zavyalova N. Globalization and development of sustainable public transport systems. 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences. University of Zilina (Slovakia). The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communication, Department of Economics Proceedings. — Part V. — 5–6th October 2016. — pp. 2076–2084.

4. Спирин И. В. Научные основы комплексной реструктуризации городского пассажирского транспорта: Монография. — М.: Каталог, 2007. — 200 с.

5. Учёт основных средств: ПБУ 6/01. Утв. приказом Минфина РФ от 30.03.2001, № 26н; зарегистрировано Минюстом РФ 28.04.2001, № 2689: В ред. приказа Минфина РФ от 16.05.2016 № 64н.

6. Матанцева О. Ю., Гогопуло Н. Н. Основы бухгалтерского учёта: Учеб. пособие. — М.: Академия, 2011. — 208 с.

7. Матанцева О. Ю. Правовые аспекты экономически устойчивой автотранспортной организации: Монография. — М.: Юстицинформ, 2016. — 248 с.

8. Матанцева О. Ю., Титов И. В. Амортизация как внутренний источник инвестиций для обновления транспортных средств // *Право и экономика*. — 2012. — № 3. — С. 44–47.

9. Матанцева О. Ю. Особенности тарифного регулирования на автомобильном транспорте, отражённые в проекте Федерального закона «Об автомобильном транспорте и автотранспортной деятельности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // *Право и экономика*. — 2010. — № 10. — С. 4–9.

10. Матанцева О. Ю. Методические основы формирования инвестиций, предназначенных на восстановление основных средств // *Грузовое и пассажирское автохозяйство*. — 2003. — № 10. — С. 60–65.

11. Власов В. М., Богумил В. Н., Ефименко Д. Б., Конин И. В. Основы организации научно-исследовательской работы в области телематики на автомобильном транспорте: Учеб. пособие. — М.: МАДИ, 2015. [Электронный ресурс]: <https://docplayer.ru/38737002-Osnovy-organizacii-nauchno-issledovatel'skoy-raboty-v-oblasti-telematiki-na-avtomobilnom-transporte.html>. Доступ 23.10.2018.

12. 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.

13. Власов В. М., Ефименко Д. Б., Богумил В. Н. Применение цифровой инфраструктуры и телематических систем на городском пассажирском транспорте: Учеб. пособие. — М.: Инфра-М, 2018. — 351 с.

14. Богумил В. Н., Жанказиев С. В., Ефименко Д. Б. Телематические системы диспетчерского управления движением автомобильного транспорта как части ИТС мегаполиса // 9-я международная научно-практическая конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». — СПб., 2010. — С. 115–120.

15. Власов В. М., Ефименко Д. Б., Богумил В. Н. Информационные технологии на автомобильном транспорте: Учебник. — М.: Академия, 2014. — 256 с.

Координаты авторов: **Матанцева О. Ю.** — omat@niiat.ru, **Спирин И. В.** — ivspirin@yandex.ru, **Богумил В. Н.** — v_bogumil@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 23.10.2018, принята к публикации 21.12.2018.



URBAN VEHICLE FLEET RENEWAL: MUNICIPAL LEASING AND FINANCING OF REPLACEMENT

Matantseva, Olga Yu., JSC Scientific and Research Institute of Motor Transport (JSC NIIAT), Moscow, Russia.

Spirin, Iosif V., JSC Scientific and Research Institute of Motor Transport (JSC NIIAT), Moscow, Russia.

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

ABSTRACT

The fleet of urban passenger transport has a constantly growing physical and moral deterioration. And it is necessary to have time to refurbish it and to replace. However, this task is becoming a problem due to the lack of financial resources. Previously, in Russia renewal was carried out at the expense of depreciation of fixed assets of transport enterprises. Now according to regulations it has to be done at the expense of profit,

which entails certain losses and requires to look for reliable sources of targeted funding. The article refers to the study of possible sources of funding of renewal of urban passenger vehicle fleet, their optimal use, and their impact on the development of urban mass transit systems. Target budget funding and depreciation deductions, private public partnership in the form of so called municipal leasing are considered with regard to Russian urban public transport.

Keywords: vehicle fleet, urban passenger transport, savings, depreciation of fixed assets, vehicle fleet renewal, replacement, municipal leasing, financing of renewal.

Background. The innovative concept of sustainable development of urban transport systems [1, 2] has become widespread in urban planning and transport management. At the same time, systemic problems of passenger transport in cities remain [3] as follow:

- improving quality and efficiency of passenger transportation;
- creation of an equally accessible transport environment for all users, including those for people with limited mobility;
- reduction of environmental pollution;
- improving safety of passenger transportation and traffic;
- rationalization of responsibility for transportation for public legal entities, business and civil society institutions;
- efficient use of urban land;
- formation of a modern transport infrastructure;
- implementation of scientifically based planning for development of urban passenger transport (UPT) and its infrastructure;
- improvement of legislation regulating the work of passenger urban transport and law enforcement practices.

The success of solving each of the problems is largely determined by the use of modern vehicle fleet for transporting passengers, which is the main cost and active part in the production process of fixed assets of land types of UPT. In general, the fleet of passenger vehicles in cities has significant physical and moral deterioration. Only due to physical wear and tear, more than half of buses, trolleybuses and tramcars operating on the routes in Russia are subject to replacement. Continuous and economically justified fleet renewal in such a complex reality requires extraordinary actions by the authorities and the transport organisations themselves.

Objective. The objective of the authors is to consider different aspects of urban passenger vehicle fleet renewal in terms of municipal leasing and renewal financing.

Methods. The authors use general economic methods, comparative analysis, evaluation approach, legal analysis, particular methods of urban planning and development evaluation.

Results.

Investments «do not catch up»

Earlier in the domestic economy, the depreciation model of ensuring renewal at the expense of

depreciation of fixed assets was used. This model resulted in:

- return of invested capital to the investor (through depreciation charges included in expenses at cost and taken into account when planning tariffs and profits);
- accumulation of funds for purchase of fixed assets for their replacement.

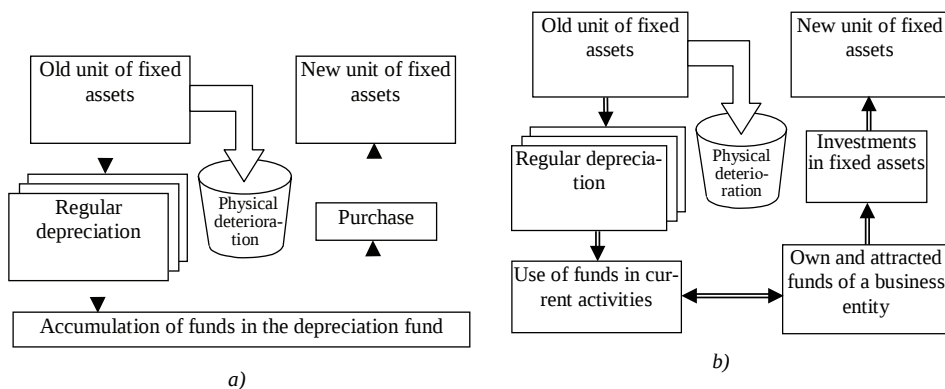
Thus, depreciation ensured simple reproduction of worn out fixed assets, and new investments were required only for their expanded reproduction.

With the introduction of the Rule of accounting 6/01 «Accounting for fixed assets» [5] and the provisions of Chapter 25 of Tax Code of the Russian Federation, the second of mentioned tasks is largely not solved for the following reasons. The traditional model of the use of depreciation was based on the purchase of new property in order to replace similar property that had been physically worn and related to the fixed assets. Depreciation charges were accumulated in the depreciation fund, and then used to pay for the acquired new fixed assets (Pic. 1a) [4]. Therefore, a cycle of financial resources once invested in fixed assets was organized. Additional investment was required only to ensure expanded reproduction and to compensate for current growth of cost of new fixed assets.

In the current legal and economic conditions, depreciation is not considered as a directly operating mechanism that ensures timely and complete renewal of fixed assets of an economic entity.

According to the existing procedure for recording expenses and income, the acquisition of fixed assets is treated as an investment activity. The depreciation charges included in the prices and tariffs are not cumulated anywhere (there is no depreciation fund now), and as part of the revenue they are used in turnover for making current payments (Pic. 1b) [4]. Return of invested funds and renewal are carried out only from the profit. Cycle of once invested financial resources for the purposes of renovation is not carried out, since each investment and renovation cycle are implemented independently. The need for an investment method of renovation (that is, purchase of fixed assets at the expense of profits) has the consequence translated into additional costs in connection with payment of income tax.

Consideration should also be given to a significant increase in the price of vehicles over their lifespan (both due to inflation and higher prices for more



Pic. 1. Depreciation cycle: a) applied earlier; b) implemented with investment financing of purchases of fixed assets.

modern fleet). Depreciation accrued over this period does not keep pace with rising prices.

Small businesses, which are especially numerous in road transport, cannot organize a cycle of depreciation charges for the purposes of renovating fixed assets (mainly the entrepreneur operates a single bus). Therefore, in small business and in bulk purchases, the acquisition of new fixed assets can be carried out exclusively in the form of one-time capital investments made from a carrier's profit or from funds raised from third-party sources.

Bulk purchase of fleet requires significant one-time investment. At the end of the service life, when vehicles are written off due to their physical deterioration, similar volume of funds will be required for investments in the simple reproduction of a worn-out fleet. Other property of the transport organization is usually worn out to a significant degree (depreciation on it was fully accrued earlier) and does not provide the current amount of depreciation charges that could be used to finance the purchase of fleet and other fixed production assets.

Thus, transport organizations do not have sufficient funds for timely renewal of their property, more than 60 % of which is fleet. Theoretically, financial depreciation of fixed assets should become the financial pillar of replacement of the fleet in the current conditions [4, 7]. However, due to the long-term subsidiary approach to reimbursement to carriers of their expenses, constantly aggravated by insufficient budget financing of public transport and inflationary processes in the economy, a situation arose in which the available funds are not sufficient even for simple reproduction of fixed assets.

Depreciation on the already fully worn part of the fleet has not been charged for a long time. In the course of renewal of the model range and upgrading of the fleet, prices for fleet are constantly increasing. The amount of depreciation does not cover even a tenth of the needs for renovation. The depreciation component as part of the revenue from transportation is constantly involved in the turnover of the assets of the transport organization. Due to the fact that these funds have already been spent (put into circulation), they cannot be mobilized at once to purchase fleet or other property. This led to formation of so-called «depreciation scissors».

Theoretically, to ensure the possibility of financing acquisition of a new bus at the expense of depreciation in the current month, the carrier should operate at least 120 buses. Then, based on the estimated service life of 10 years, monthly depreciation will be charged on the

entire fleet, sufficient to purchase one new car. But even in this case, additional money will be needed to compensate for the increased bus price in comparison with the prices of the operated analogues purchased 10 years ago. As a result, the purchase of a new bus, in fact, will have to be made in the form of one-time investment at the expense of a businessman himself. This will automatically lead to an increase in the tax burden on the carrier, which will require additional finance.

Practically, investments in purchase of new fleet are often made at the expense of budget funds irrevocably provided annually to large transport companies (the so-called «budget gift»). In the total amount of funds allocated for purchase of fleet, the share of the budget comes to 85–90 %. Those practices lead to the following negative consequences:

- significant budget funds are spent annually (up to 4 % or more of the municipal budget) that cannot be replenished by carriers who have become accustomed to constant budget gifts and have ceased to think about establishing an economically correct reproduction procedure for worn out fixed assets;
- depreciation mechanism as a way to ensure renewal in the urban passenger transport is not valid, and the accrued depreciation is sprayed and the corresponding resources are spent on current goals.

Leasing partnership

It is not possible to reverse the considered negative trend by mobilizing its own sources of financing by transport organizations.

Leasing, which in the modern economy is a fast-growing sector of financial services, is capable to solve the problem of fleet renewal.

A special effect is promised by the use of private-public partnership in the form of the so-called «municipal leasing», the order of relations of the parties of which is described in [4]. The basic principles of municipal leasing:

- synthesis of internal political and economic approaches to the problem of providing public transport with fleet;
- integration of efforts of business, state (municipal) authorities and management and various institutions of society in the interests of passengers;
- differentiation of the size and forms of dividends received by the leasing project participants;
- use of scale effect due to concentration of leasing operations;
- reliance on production capabilities of domestic fleet manufacturers.

The main idea of municipal leasing is that it is opposed to the current practice of procurement of



The composition of participants in the leasing project and their interests

Legal status of the participant (founder)	Method of formation of capital of the company	What is of the interest for the participant
1. The executive authority exercising disposal of state or municipal property.	One-time transfer of budgetary funds, usually allocated to the purchase of new rolling stock for UPT.	No cash dividend is required. In return, the urban economy receives leasing items cheaper than usual. Therefore, dividends come in the form of political capital – solution of social problems of the city.
2. Commercial organizations not mentioned in the table below	Any permissible, mainly in the form of transfer of funds.	Receiving ordinary dividends in cash or in the form of various natural rights granted by the city.
3. Factories – producers of leased assets (primarily, buses, trolley buses and tram cars).	It is possible to transfer to the credit of the share of contributed capital of finished products – leased assets.	The launch of the mechanism for production and marketing of leased assets under the control of a representative of the manufacturer on the company's board. In this case, the plant's dividends may be minimal – it will receive the main advantage through profit from the sustainable sales of products.
4. Banks and other credit and financial institutions that are agents of payments for state and local government bodies.	Cash, agency services.	Preservation of established agency relations with the authorities when receiving moderate dividends in cash and in the form of natural rights granted by the city.

rolling stock by various transport organizations separately. Advantages are provided through concentration of efforts focused on purchase of fleet in a single center. Such a center can be a specially created joint-stock company, or it can exist as an association established by executive bodies authorized to dispose of public transport property with participation of leasing companies, vehicle manufacturers and transport organizations.

The main economic differences from traditional leasing schemes are involvement of a wide range of legal entities and flexible regulation of the system of interests and dividends for participants in the center's activities (Table 1).

Due to the large number of participants from different cities of Russia, it becomes possible to purchase vehicles from manufacturers in large quantities, which means at the lowest price. Perspectives are being opened for a clear and reasonable determination of the need for fleet, which gives grounds for targeted development and launching into production of a rational number of vehicles of a standard range of buses, trolleybuses and trams. Plants receive a guaranteed production program for the foreseeable future. Financial prerequisites are being created for expanding the output of vehicles secured by effective demand. It should be noted that these advantages are especially valuable in terms of enhancing the activities of domestic producers.

To finance this project, instead of annually produced one-time injections of budget funds for renewal of fleet, a cycle of once-allocated financial resources should be organized. There is a chance to put an end to the vicious practice of spending irrevocably consumed money on «budget gifts» to carriers.

Vehicles' leasing is also beneficial for the final recipient of the transport service who is the passenger. He pays for transportation according to the tariff and, as a taxpayer, participates in financing transport from centralized sources. Therefore the passenger is the most important subject of economic relations and the main source of financial resources. For a passenger of municipal transport, the use of leasing entails

improvement in the quality of transportation services by increasing frequency and regularity of traffic on routes, as well as rationalizing the use of tax payments.

It should be noted that availability of municipal leasing does not exclude centralized budget financing for development of UPT [8].

In the case of a municipal leasing scheme, the depreciation amounts included in the cost of services rendered are not subsequently disbursed to finance various payments, but are earmarked for simple reproduction of fixed assets. To form sufficient resources for fleet renewal (simple reproduction), it is advisable to add a portion of net profit to depreciation amounts. Expanded reproduction of fixed production assets will always require additional funding, and two situations are possible:

- firstly, if expanded reproduction is carried out on the initiative of the transport organization, it must find additional funds on its own;
- secondly, if extended reproduction is carried out on the initiative of external bodies (the customer of municipal transportation), it is fair to believe that they should also provide additional funding.

In reality, for UPT carriers, as a rule, there is no opportunity to use domestic sources of financing due to lack of funds. Everywhere there are statements about unprofitability of their activities due to centrally set tariffs (socially favorable, but commercially unacceptable). Unprofitable transportation of passengers by public transport is explained by the inability of state (municipal) customers to finance in accordance with the size of existing funds.

This problem is intended to be solved by the Federal Law of July 13, 2015 No. 220-FZ «On the Organization of Regular Transportation of Passengers and Baggage by Automobile and Urban Electric Transport in the Russian Federation and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation» The law establishes, figuratively speaking, the principle of «cut the coat according to the cloth». Namely, the executive authorities are obliged to organize and finance transportation at regulated tariffs on routes. The development of a system of such routes should be carried out within the limits of the funds available for their financing.

The rest of the transportation can be carried out on the terms of unregulated tariffs.

Depreciation and compensation

In accounting, any of four methods of depreciation are allowed:

- a) linear;
- b) decreasing balance;
- c) write-off of value by the sum of numbers of years of useful life;
- d) write-off of value in proportion to the volume of production.

For passenger transport, the volume of production for a certain period of time is expressed by one of the following indicators:

- a) volume of traffic, pass.;
- b) passenger turnover, pass.-km;
- c) vehicle mileage on routes, km.

In the works [6, 7] recommendations on the choice of the most rational method of depreciation, taking into account various schemes of transport organization are presented. Each of the methods in its own way affects the rate of accumulation of depreciation.

With the linear method, the accrued depreciation amount remains unchanged within the period (year) referring to it.

When using the declining balance method, larger amounts of depreciation are charged initially (accelerated depreciation). In subsequent accounting periods, amounts are progressively reduced. This method is not recommended for accumulation of funds for reproduction, since the amount of accrued depreciation will not be equal to the initial cost even for the entire service life of an object.

The best conditions for accumulation of own funds for reproduction of the fleet through accumulation of depreciation allowances are provided by means of the sum of the numbers of years and in proportion to the mileage. In these cases, most of the depreciation amount accumulates during the first half of the useful life of the property. In addition, both methods allow compensation for the effects of inflationary price drift on depreciable objects [7, 10].

Accrual of depreciation is in proportion to the volume of products produced taking into account the ratio of the initial value of the asset and the estimated amount of the product created for the entire useful life of this object. This method is appropriate for the fleet with an established rate of depreciation in percent of the cost of the vehicle for every 1000 km of its mileage. In this case, a more complete compliance of the calculated (accrued) depreciation of property and its actual depreciation (determined by mileage) is ensured, which allows speeding up formation of the amount of funds required for acquisition of new property.

When calculating depreciation in proportion to the volume of products, its rate is set equal to the ratio of the original book value of the vehicle C_{PB} to its normative mileage L_N before being written off over an accounting period:

$$N_A = \frac{C_{PB}}{L_N}, \text{ rub./km.} \quad (1)$$

The amount of accrued depreciation for the accounting period will be:

$$A = L_{RP} \cdot N_A, \quad (2)$$

where L_{RP} – mileage for the accounting period.

Accrual of depreciation in proportion to the mileage most corresponds to the physical wear of vehicles [6, 7].

Depreciation accumulations for full reproduction of fixed assets are determined by the balance on regulatory account 02 «Fixed assets depreciation». It is designed to take into account the residual value of a fixed asset and cannot be used to establish the source of funding for their renewal.

The amount of funds required to finance the renewal is established by calculation. To do this, it is necessary to conduct an analytical accounting of depreciation, directed to renewal of fixed assets.

Amounts of depreciation accrued and part of the profit allocated for accumulation reserved in the current account form funds that can be used:

- a) for the purposes of industrial and scientific-technical development;
- b) formation of financial assets (purchase of securities, contributions to the authorized capital of other economic entities).

To ensure the guaranteed use of earmarked funds for their intended purpose, it is necessary to introduce a system that allows to form own sources for investments in renewal of vehicles [8, 10]. To do this, ideally, it is necessary to adjust the regulatory acts on accounting, fixing in it the norms according to which the lost depreciation function of fixed assets will be restored – to serve as a source for the purposes of their simple reproduction. The restored function will allow carriers to be exempted from taxation on funds allocated for renovation in the order of using previously accrued depreciation.

However, adjustment of acts of federal legislation is quite a long and complicated procedure. In the meantime, a partial solution of the problem can be achieved by linking the provision of targeted budgetary funds with the obligations of transport organizations that receive the relevant resources to accumulate depreciation on them during the entire useful life. As a result, this will provide an amount equal to the original cost of the vehicle being operated, to which additional money from the net profit will need to be added in order to have enough of them to purchase a new vehicle.

During the useful life of non-current depreciable assets, funds are withdrawn from the target financing accounts periodically.

Means of target budget financing will be used effectively if the transport organization creates legal, economic and organizational conditions for formation of its own sources of fleet renovation.

The fact is that depreciation accrued on a vehicle acquired at the expense of earmarked budget funds is included in the cost of work performed and is reflected in the financial results of the organization of transport at the «Other income and expenses» account.

To ensure profits for passenger transport organizations, it is necessary to reimburse transportation costs (including depreciation) and lost revenue by public transport, arising from the availability of privileges and advantages of tariffs established by laws or other regulatory legal acts of the Russian Federation, federal entities of the Russian Federation and municipalities in full volume at the expense of the budgets of the respective levels [9].

Instead of conclusion

In the framework of the problems and options for renovation of the fleet of urban passenger transport and taking into account the lack of sufficient funds in



the local budgets and the budgets of the regional entities of the Russian Federation, it seems reasonable and possible:

- to ensure creation of targeted budget funds to support development of passenger transport (for example, at the expense of penalties for violation of traffic rules and parking fees), to finance regular transportation by road and urban electric transport (including formation of sources of financing for renewal of the fleet for passenger transportation);
- to carry out at the expense of target budget funds one-time target budget financing of acquisition of the fleet with subsequent control of accumulation of depreciation deductions and their targeted use to ensure the subsequent transition to self-financing vehicle renewal;
- to make changes to the regulatory legal acts of the federal legislation to improve the depreciation policy by ensuring the targeted use of the corresponding depreciation deductions only for urban passenger vehicle fleet renewal;
- to recommend the use of the depreciation method – in proportion to the vehicle's mileage – in order to ensure that the actual depreciation of the fixed asset is consistent with the amount of accrued depreciation.

These recommendations, we believe, will help to solve the problem of financing of renewal of fleet of urban automobile and electric passenger transport of public use.

REFERENCES

1. May, A. Urban transport and sustainability: The key challenges. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2013, Vol. 7, No. 3, pp. 170–185.
2. May, A., Boehler-Baedeker, S., Delgado, L., Durlin, T., Enache, M., van der Pas J.-W. Appropriate national policy frameworks for sustainable urban mobility plans, *Eur. Trans. Res. Rev.*, 2017, Vol. 9, Iss. 1:7, pp. 6–16.
3. Spirin, I., Zavyalov, D., Zavyalova, N. Globalization and development of sustainable public transport systems. 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences. University of Zilina (Slovakia). The Faculty of Operation and Economics of Transport and Communication, Department of Economics Proceedings, Part V, 5th–6th October 2016, pp. 2076–2084.
4. Spirin, I. V. Scientific bases for comprehensive restructuring of urban passenger transport: Monograph [*Nauchnie osnovy kompleksnoi restrukturalizatsii gorodskogo passazhirskogo transporta: Monografiya*]. Moscow, Katalog publ., 2007, 200 p.
5. Accounting for fixed assets: PBU6/01. Approved by the Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 30.03.2001, No. 26n; registered by the Ministry of Justice of the Russian Federation on 28.04.2001, No. 2689: Ed. by the Order of the Ministry of Finance of the Russian Federation of 16.05.2016 No. 64n [*Uchet osnovnykh sredstv: PBU6/01. Utv. prikazom Minfina RF ot 30.03.2001, No. 26n; zaregistrirvano Minyustom RF 28.04.2001, No. 2689; V red. prikaza Minfina RF ot 16.05.2016 No. 64n*].

6. Matantseva, O. Yu., Gogopulo, N. N. Fundamentals of accounting: Study guide [*Osnovy bukhgalterskogo ucheta: Ucheb. posobie*]. Moscow, Akademia oubl., 2011, 208 p.

7. Matantseva, O. Yu. Legal aspects of an economically sustainable road transport organization: Monograph [*Pravovie aspekty ekonomicheskoi ustoychivoi avtotransportnoi organizatsii: Monografiya*]. Moscow, Yustitsinform publ., 2016, 248 p.

8. Matantseva, O. Yu., Titov, I. V. Depreciation as an internal source of investment for renewal of vehicles [*Amortizatsiya kak vnutrenniy istochnik investitsii dlya obnovleniya transportnykh sredstv*]. *Pravo i ekonomika*, 2012, Iss. 3, pp. 44–47.

9. Matantseva, O. Yu. Features of tariff regulation on motor transport, as reflected in the draft Federal Law «On Motor Transport and Motor Transport Activity and on Amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation» [*Osobennosti tarifnogo regulirovaniya na avtomobilnom transporte, otrazhennye v proekte Federalnogo zakona «Ob avtomobilnom transporte i avtotransportnoi deyatel'nosti i o vnesenii izmenenii v otdelnye zakonodatelnye akty Rossiiskoi Federatsii»*]. *Pravo i ekonomika*, 2010, Iss. 10, pp. 4–9.

10. Matantseva, O. Yu. Methodical foundations of formation of investments intended for restoration of fixed assets [*Metodicheskie osnovy formirovaniya investitsii, prednaznachennykh na vosstanovlenie osnovnykh sredstv*]. *Gruzovoe i passazhirskoe avtokhozyaistvo*, 2003, Iss. 10, pp. 60–65.

11. Vlasov, V. M., Bogumil, V. N., Efimenko, D. B., Konin, I. V. Basics of organization of research work in the field of telematics in automobile transport: Study guide [*Osnovy organizatsii nauchno-issledovatel'skoi raboty v oblasti telematiki na avtomobilnom transporte: Ucheb. posobie*]. Moscow, MADI publ., 2015. [Electronic resource]: <https://docplayer.ru/38737002-Osnovy-organizatsii-nauchno-issledovatel'skoy-raboty-v-oblasti-telematiki-na-avtomobilnom-transporte.html>. Last accessed 23.10.2018.

12. 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.

13. Vlasov, V. M., Efimenko, D. B., Bogumil, V. N. Use of digital infrastructure and telematic systems in urban passenger transport: Study guide [*Primenenie tsifrovoy infrastruktury itelematicheskikh sistem na gorodskom passazhirskom transporte: Ucheb. posobie*]. Moscow, Infra-M publ., 2018, 351 p.

14. Bogumil, V. N., Zhankaziev, S. V., Efimenko, D. B. Telematic systems of traffic control of road transport, as part of ITS of the metropolis [*Telematicheskie sistemy dispetcherskogo upravleniya dvizheniem avtomobilnogo transporta kak chasti ITS megapolisa*]. *The 9th International Scientific and Practical Conference «Organization and road safety in large cities»*. St. Petersburg, 2010, pp. 115–120.

15. Vlasov, V. M., Efimenko, D. B., Bogumil, V. N. Information technologies on automobile transport: Textbook [*Informatsionnye tekhnologii na avtomobilnom transporte: Uchebnik*]. Moscow, Academia publ., 2014, 256 p. ●

Information about the authors:

Matantseva, Olga Yu. – D.Sc. (Economics), Ph.D. (Eng), deputy general director of JSC Scientific and Research Institute of Motor Transport (JSC NIIAT), Moscow, Russia, omat@niat.ru.

Spirin, Iosif V. – D.Sc. (Eng), professor, chief researcher of JSC Scientific and Research Institute of Motor Transport (JSC NIIAT), Moscow, Russia, ivspirin@yandex.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.

Article received 23.10.2018, accepted 21.12.2018.



БУДУЩЕЕ: ТРАНСПОРТ. ОБРАЗОВАНИЕ. НАУКА

В начале февраля 2019 года в Российском университете транспорта (МИИТ) в очередной раз прошёл ежегодный форум «Транспортное образование и наука», приуроченный ко Дню российской науки.

В своём приветствии по случаю этой даты Министр транспорта России Е. И. Дитрих отметил, что «современная транспортная отрасль высокотехнологична, поэтому реализация поставленных перед нами задач потребует усиленного научного поиска и внедрения новых инженерных и управленческих решений. Необходимо обеспечить непрерывный инновационный цикл — от фундаментальных разработок до внедрения новой техники и передовых технологий».

Министр особо подчеркнул «хорошую работу профильных образователь-

ных организаций высшего образования по созданию условий для прорывных идей и новых результатов» и то, что их «интеллектуальный потенциал, помноженный на поддержку Министерства транспорта Российской Федерации, способствует решению самых актуальных практических задач, а также продвижению инноваций и созданию современных технологических кластеров. По поручению Президента Российской Федерации уже начата работа по созданию на базе Российского университета транспорта (МИИТ) многофункционального научно-технологического кластера «Образцово», который станет национальным центром транспортного цифрового инжиниринга, прототипирования, испытаний и сертификации интеллектуальных систем».



С приветственным словом к участникам форума обратился помощник Президента России И. Е. Левитин. Он отметил, что в майском указе Президента Российской Федерации поставлены большие задачи перед транспортной отраслью. Будут внедряться новые технологии и модернизироваться инфраструктура. Должна стать более значимой и роль транспортных вузов. Игорь Левитин также поздравил всех с 210-летием транспортного ведомства и транспортного образования в России.

Заместитель министра транспорта А. А. Юрчик, приветствуя гостей форума, подчеркнул: «Мы понимаем, что развитие современной транспортной системы невозможно без профессионалов высокой квалификации».

В рамках форума состоялось несколько пленарных дискуссий. Участ-

ники обсудили роль системообразующих отраслевых вузов, увеличение числа иностранных студентов, модели подготовки кадров в области инжиниринга, внедрение новых технологий, цифровых компетенций, молодежной политики.

В рамках проектной сессии прошла встреча ректоров транспортных вузов с первым заместителем Министра транспорта России И. С. Алафиновым, в которой принимали участие директор административного департамента министерства К. А. Пашков, проректоры по учебной, научной работе и молодежной политике.

**По информации
Минтранса России и соб. инф.
Фото: Пресс-служба Минтранса России,
РУТ (МИИТ), И. Арбузова •**



FUTURE: TRANSPORT. EDUCATION. SCIENCE

At the beginning of February 2019, the annual Forum «Transport Education and Science» was held at Russian University of Transport for the second time. The forum traditionally coincides with celebrations of the Day of Russian Science.

In his greeting on the occasion of this date, the Minister of Transport of the Russian Federation Evgeny Dietrich noted that «The modern transport industry is high-tech, therefore the implementation of the tasks set before us will require enhanced scientific research and introduction of new engineering and management decisions. It is necessary to ensure a continuous innovation cycle —

from fundamental developments to introduction of new machinery and advanced technologies». The Minister emphasized «the good work of transport-focused universities in creating conditions for breakthrough ideas and new results» and the fact that their «intellectual potential, multiplied by the support of the Ministry of Transport of the Russian Federation, contributes to solving the most pressing practical problems, as well as to promoting innovation and creation of modern technology clusters. On the instructions of the President of the Russian Federation, work has already begun on creating on the basis of Russian University of Transport of a multifunctional scientific



and technological cluster «Obraztsovo», which will become the national center for transport digital engineering, prototyping, testing and certification of intelligent systems».

In his welcome address to the forum participants the aide to the President of Russia Igor Levitin noted that the Presidential Decree of May 2018 formulated large tasks for transport sector. New technology will be implemented and infrastructure will be updated, and the role of transport universities should become more significant. Igor Levitin also congratulated everyone on the occasion of the 210th anniversary of the transport ministry and transport education in Russia.

Deputy Minister of Transport Alexander Yurchik, welcoming the guests of the forum, said: «We understand that the development of a modern transport system is impossible without highly qualified professionals».

Within the framework of the forum several plenary discussions took place. The participants discussed the role of the backbone industry universities, the increase in the number of foreign students, the model of training in the field of engineering, the introduction of new technologies, digital competencies, youth policy.

In the framework of the project session, First Deputy Minister of Transport of Russia Innokenty Alafinov held a meeting with the rectors of transport universities, attended also by director of administration department of the Ministry Konstantin Pahkov, and deputy rectors for education, research, and youth policy.

Based on press releases of the Ministry of Transport of Russia and own information.

Photos: press service of the Ministry of Transport of Russian Federation, Russian University of Transport, I. Arbuzova ●



РЕГИОН 142

*Воркутинский узел:
ворота в Арктику.*



ВЕЧНЫЕ СТРЕЛКИ 154

*Точное позиционирование
и пределы контроля.*

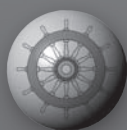
МАЛОДЕЯТЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ 164

Закрывать нельзя оставить.

МЕГАПОЛИС 174

*Метро не против оказаться
над землёй.*

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ • ADMINISTRATION, MANAGEMENT AND CONTROL

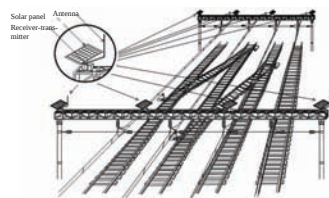


REGION 142

*Vorkuta hub:
a gateway to Arctica.*

SWITCHES FOR EVER 154

*Exact positioning and control
limits.*



LOW-DENSITY RAILWAYS 164

*Is it impossible to close either
to keep them?*

MEGACITY 174

*Metro is not opposed be over
the land surface.*



Воркутинский транспортный узел: роль в освоении Арктики



Анатолий КИСЕЛЕНКО
Anatoly N. KISELENKO

Пётр МАЛАЩУК
Petr A. MALASHCHUK



Киселенко Анатолий Николаевич — доктор технических наук, доктор экономических наук, профессор, руководитель лаборатории проблем транспорта Института Севера Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Россия.

Малащук Пётр Александрович — кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории проблем транспорта Института Севера Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, Россия.

Vorkuta Transport Hub and its Role in Development of the Arctic Area

(текст статьи на англ. яз –
English text of the article – p. 149)

Воркутинский транспортный узел рассматривается как один из немногих крупных региональных центров российского Севера, который в силу своего расположения является столь важным для развития коммуникационных связей в зоне Европейской и Приуральской Арктики. Показано, что мощности этого узла, имеющего в составе инфраструктуры все виды транспорта, кроме водного, обеспечивают текущие потребности края в грузовых и пассажирских перевозках. Для освоения природных богатств арктического региона и выполнения других растущих задач необходимо, тем не менее, усилить существующий потенциал Воркуты, в первую очередь за счёт реализации транспортных проектов, которые называют и анализируют авторы.

Ключевые слова: Арктика, Воркута, транспортный узел, инфраструктура, виды транспорта, перспективные проекты.

Освоение Арктической зоны России (восемь опорных зон, включая Воркутинскую) напрямую связано с развитием транспортной инфраструктуры [1, с. 69]. Следует отметить, однако, что экстремальные природно-климатические условия неоднозначно влияют на её перспективы. С одной стороны, наблюдается устойчивая тенденция к сокращению площади и толщины ледового покрова северных морей, что ведёт к росту привлекательности перевозок по Северному морскому пути. С другой — увеличение среднегодовой температуры приводит к ускоренному разрушению берегов и портовой инфраструктуры, а также ускоренной деградации многолетней мерзлоты [2, с. 11], что критически сказывается на наземной транспортной инфраструктуре. Например, расходы «Газпрома» в Надыме на стабилизацию несущей способности грунтов, по которым проходят автодороги и трубопроводы, составляют 1 тыс. долл./м² [3, с. 82].

В состав сухопутных северных территорий входит один из немногих крупных по местным меркам городов — Воркута, объекты инфраструктуры которого располагаются в зоне «вечной» мерзлоты [4, с. 65]. Своим

рождением он обязан освоению Печорского угольного бассейна и появлению здесь градообразующего угольного предприятия [5, с. 22]. При расчётной мощности энергетической инфраструктуры города на 300 тыс. человек [6, с. 130] численность населения округа Воркута на 1 января 2017 года составила 80,1 тыс. (максимальная была 218,5 тыс. человек в 1989 году) [7, с. 127].

Воркутинский геолого-промышленный район располагает самыми большими в Европе запасами угля (порядка 4 млрд т) и обладает высоким промышленным потенциалом [8, с. 14]. Вблизи города имеются богатые залежи известняка и сланца [9, с. 46], которые пригодны для производства цемента. Кроме этого, Воркута является базой жизнеобеспечения газопровода Бованенково—Ухта, опорным узлом оленеводов Большеземельной тундры [10, с. 56].

РЕЛЬСЫ С ВЫХОДОМ К МОРЮ

Железнодорожный транспорт обеспечивает круглогодичную связь города с остальными частями страны по магистрали Коноша—Воркута [11, с. 3]. Движение поездов по ней осуществляется с помощью тепловозов. До станции Инта железная дорога является двухпутной, а участок Инта—Воркута — однопутный. На станции Чум происходит разветвление дороги в направлении Воркуты и Лабитнанги.

Строительство линий Инта—Воркута, Чум—Лабитнанги и их последующая эксплуатация вызвали существенные изменения мерзлотной обстановки. Они обусловлены нарушением теплообмена поверхности земли с атмосферой в результате удаления растительного покрова, появления проблем водопроницаемости, переформирования снежных отложений и ухудшения условий стока поверхностных вод. Происходят деформации земляного полотна, осадки и расползание насыпей на оттаивающих многолетнемёрзлых грунтах, а также образование термокарстовых понижений на прилегающих к насыпям территориях [12, с. 2]. Это приводит к ограничению массы железнодорожных составов, особенно работающих в северном направлении. Например, весовая норма поездов, установленная для тепловозов 2ТЭ10 на участке Воркута—Лабитнанги, составляет 3500 т, Воркута—Ин-

та — 4400 т, а на участке Инта—Сосногорск повышается до 4800 т¹.

Особенностью Воркутинского узла всегда было наличие большой протяжённости путей необщего пользования, являющимися подъездами к действующим и закрытым угледобывающим шахтам. При отсутствии согласованного технологического процесса между железнодорожной инфраструктурой АО «Воркутауголь» и ОАО «РЖД» возможно образование заторов на подходах к станции Воркута. Это наблюдалось, в частности, при строительстве первой очереди газопровода Бованенково—Ухта в связи с тем, что инфраструктура на необщих путях недостаточно подготовлена для обработки генеральных грузов².

Станция Воркута Сосногорского региона Северной железной дороги относится к грузовым и выполняет работы по приёму и выдаче грузов мелкими, повагонными отправками, приёму и выдаче грузов в универсальных контейнерах массой до 20 т, для чего оборудованы как открытые площадки, так и крытые склады.

Пассажирская платформа длиной 400 м способна принимать состав из 15 вагонов. Прямое сообщение осуществляется с городами Москва, Санкт-Петербург, Сыктывкар, Лабитнанги, Киров, Адлер, Нижний Новгород и др.

Эксплуатационное депо осуществляет техническое обслуживание локомотивов, кроме этого имеется вагонное депо, а также подразделения в виде пунктов технического обслуживания вагонов в Инте, Печоре, Мульде, Усинске, Лабитнанги.

К железнодорожному пути, связывающего Воркуту и Лабитнанги, примыкает дорога необщего пользования Обская—Бованенково, принадлежащая ПАО «Газпром», которая используется в качестве технологической.

Роль Воркуты как опорного транспортного узла значительно возрастёт после реализации проекта «Северный широтный ход», предполагающего соединить Северную и Свердловскую железные дороги.

¹ Железная дорога. История, терминология, история развития / Тяжеловесное движение. [Электронный ресурс]: <http://rly/uk/node/6867>.

² Лебедева И. Гордиев узел // Северная магистраль, № 2. 2012. [Электронный ресурс]: http://www.gudok.ru/zdr/179/?ID=654639&sphrase_id=8837.



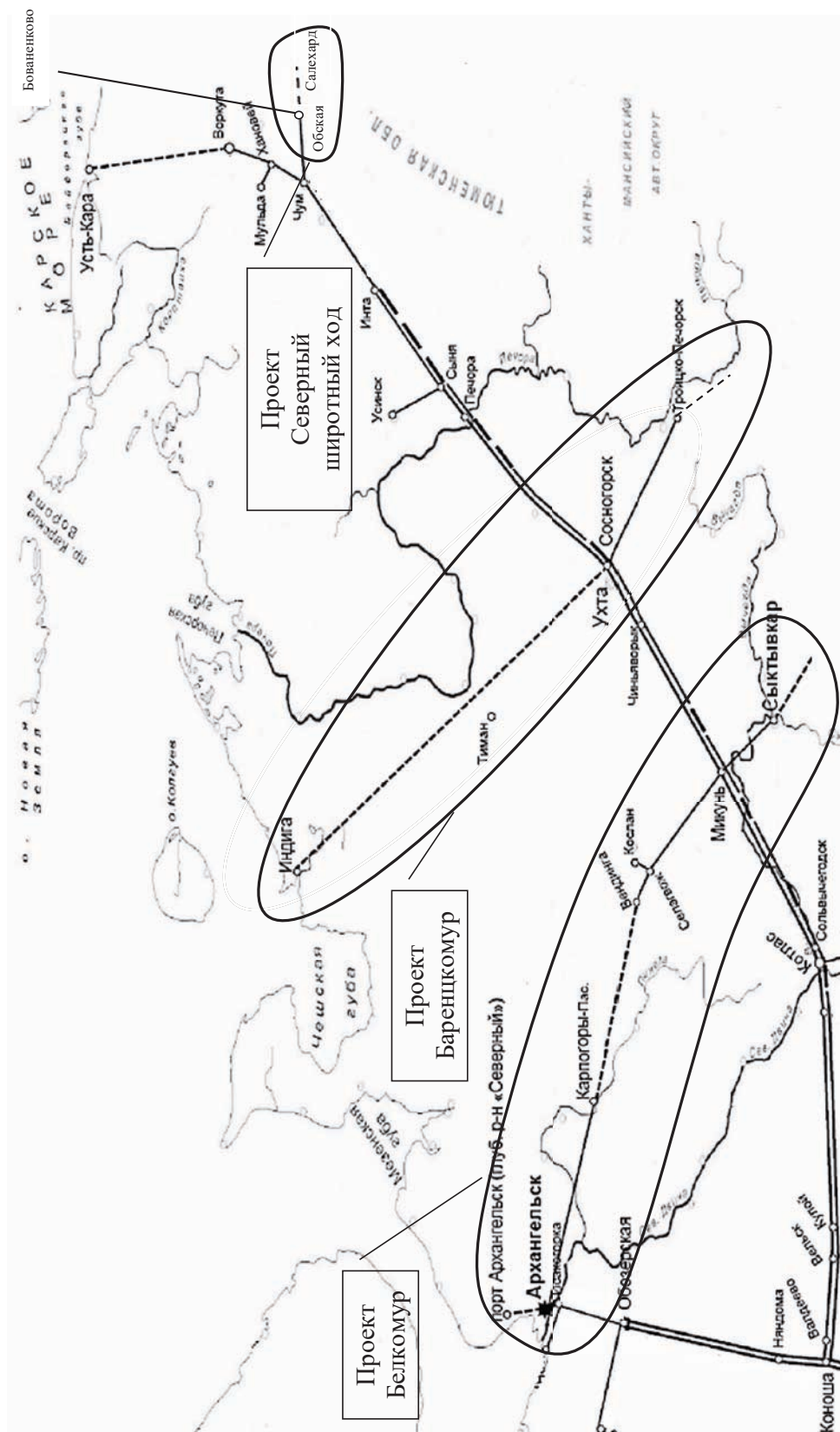


Рис. 1. Железнодорожные проекты на территории Республики Коми и Приуралья Севера.

Строительство трассы общей протяжённостью 707 км Обская—Салехард—Надым—Пангоды—Новый Уренгой—Коротчаево запланировано на 2018–2023 годы. Прогнозируемый объём перевозок по магистрали — 23,9 млн т в год³, в основном нефтеналивные грузы и газовый конденсат. Проект реализуется на принципах государственно-частного партнёрства в форме концессии, участники которой (ОАО «РЖД», ПАО «Газпром», Ямало-Ненецкий автономный округ) профинансируют реконструкцию объектов собственной железнодорожной инфраструктуры, а строительство новых осуществит специальная проектная компания («СПК-Концессионер»).

ОАО «РЖД» выполнит реконструкцию участков Котлас—Чум—Лабытнанги, включая станцию Обская Северной железной дороги, а также Пангоды—Новый Уренгой—Коротчаево Свердловской дороги. Работы на участке Надым—Пангоды осуществит ПАО «Газпром». Концессионер обеспечит финансирование, строительство и эксплуатацию линии Обская—Салехард—Надым, включая возведение железнодорожной части мостов через р. Обь и р. Надым. Администрация ЯНАО проинвестирует автомобильную часть моста через р. Обь, а также предоставит земельные участки для прокладки магистрали.

Согласно концессионному соглашению для обеспечения пропуски прогнозируемого грузопотока необходимо на участке Инта—Чум строительство вторых главных путей, удлинение приёмо-отправочных путей на станциях, а на участке Чум—Лабытнанги — создание дополнительных разъездов и оснащение их устройствами автоблокировки. В рамках проекта в 2017 году проведены испытания оптоволоконного кабеля для контроля за движением поездов в системе виброакустического зондирования железнодорожного пути в условиях вечной мерзлоты на участке Харп—Лабытнанги. Мероприятия по увеличению пропускной способности позволят поднять весовую норму грузовых составов до 6000 т⁴.

³ Распоряжение Правительства Российской Федерации № 1663-р от 08.08.2018 «О заключении концессионного соглашения на финансирование, строительство и эксплуатацию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования «Обская—Салехард—Надым» // Справочно-правовая система Консультант-плюс.

Северный широтный ход изначально являлся составной частью крупного проекта «Урал Промышленный—Урал Полярный», реализация которого усилит значение транспортно-узла Воркуты по перевалке ресурсов в западном направлении. Кроме него на территории Республики Коми возможна реализация таких транспортных проектов, как Белкомур и Баренцкомур, способных серьёзно повлиять на загрузку железнодорожной сети. На рис. 1 представлены проекты, реализация которых способна повысить загруженность железнодорожной сети Республики Коми и Приуралья Севера.

Реализация проекта «Северный широтный ход» даёт выход грузам с востока страны на Северный морской путь через железнодорожную линию необщего пользования Обская—Бованенково—Сабетта. Однопутную дорогу Бованенково—Сабетта протяжённостью 170 км планируется использовать для промышленных перевозок нефтегазовых компаний, объём которых на пятый год эксплуатации должен быть 7 млн т, а на десятый год — 14 млн т⁵.

Перспективным станет и строительство железной дороги Воркута—Усть-Кара—Амдерма, она позволит осуществлять доставку грузов к акватории Северного морского пути. Правда, мелководье в морских портах Усть-Кара и Амдерма потребует дополнительных затрат на обустройство инфраструктуры.

ВОЗРОЖДЕНИЕ ПОЛЯРНОЙ АВИАЦИИ

В городском округе Воркута функционирует одноимённый аэропорт, эксплуатантом которого является АО «Комиавиатранс». Аэропорт способен принимать такие воздушные суда, как Л-410, Ан-12, Ан-24, Ан-26, Ил-18, Ил-114, Як-40, Як-42, Ту-134, CRJ-100/200, ATR-42, EMB-120ER и др., а также вертолёты всех типов и имеет ограничения (природные) на длину полосы.

⁴ Валинский О. Тяга для Северного хода // Гудок, № 195 (26568), 2018. <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1440877>.

⁵ Парсаданян С. Окупаемость проекта строительства железнодорожной линии Бованенково—Сабетта заложена в условиях соглашения о ГЧП / РЖД-Партнёр / Мнения. [Электронный ресурс]: <http://www.rzd-partner.ru/rzd-transport/opinions/okupaemost-proekta-stroitelstva-zheleznodorozhnouy-linii-bovanenkovo-sabetta-zalozhena-v-usloviyakh-s>.





а) Радиус действия 1000 км



б) Радиус действия 1300 км

Рис. 2. Сравнение зоны действия полярной авиации (разработка авторов).

Пропускная способность по прибытиям/отправлениям — два самолёта/час, среднесуточный объём пассажирских перевозок — 143 человека, среднесуточный объём грузовых перевозок — 1,932 т⁶.

В настоящее время регулярное воздушное сообщение Воркуты с Москвой и Сыктывкаром осуществляют авиакомпании «Коми-авиатранс» (Embraer ERJ-145) и «РусЛайн» (Bombardier CRJ 100/200).

Существующие мощности аэропорта «Воркута» вполне удовлетворяют современным потребностям в авиационных перевозках. Недостатком аэропорта является техническая невозможность использования для регулярных рейсов самолётов 1 и 2 группы.

С ростом интенсивности судоходства по Северному морскому пути увеличивается потребность в осуществлении ледовой разведки для определения наиболее лёгкого, близкого и безопасного маршрута для судов во льдах, кроме этого существует необходимость патрулирования 200-мильной экономической морской зоны, разведки рыбных запасов. Это невозможно без возрождения арктической (полярной) авиации, одним из основных мест базиро-

вания которой должен стать Воркутинский транспортный узел.

Подобное размещение позволит контролировать территорию на самолётах типа Ан-24 (с дальностью полёта около 2000 км) от Мурманска на западе и почти до пролива Вилькицкого на востоке. Более современные воздушные суда, например Ан-74 и Ан-140, имеют дальность более 2500 км, а с максимальной топливной загрузкой — более 3000 км. При этом следует отметить, что расстояние по прямой от Мурманска до начала Северного морского пути (пролив Карские ворота) составляет около 1000 км, что на пределе эффективного радиуса наиболее распространённого арктического самолёта — Ан-24 (рис. 2).

Для замены самолётов семейства Ан-24 с 2021 года планируется серийный выпуск двухмоторных турбовинтовых самолётов для перевозки 64 пассажиров Ил-114-300 с дальностью полёта 2100 км. Кроме пассажирского возможен выпуск в медицинском, разведывательном и патрульном вариантах, для которых дальность полёта с максимальным запасом топлива составит 4800 км, а с установкой дополнительного топливного бака — 5600 км.

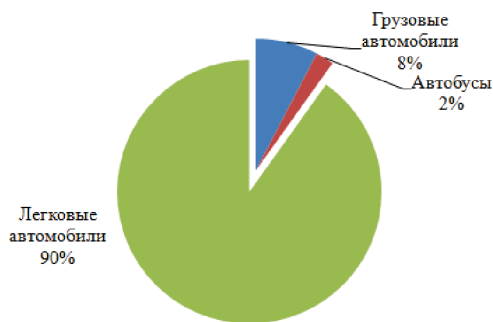
С целью улучшения качества работы Воркутинского арктического комплексного аварийно-спасательного центра МЧС, экстренного реагирования на возникающие в регионе чрезвычайные ситуации и возможные техногенные катастрофы в зоне узла следует наладить постоянное базирование вертолётной составляющей авиации МЧС, а тяжёлых самолётов — по мере необходимости.

Уровень доступности скорой специализированной медицинской помощи, особенно жителям труднодоступных районов, можно заметно повысить при наличии в Воркутинском аэропорту санитарной авиации, услуги которой в данный момент оказываются вертолётном Ми-8, базирующимся в городе Печора. Это позволило бы сократить время эвакуации пациентов с 6 до 2–3 часов⁷ и уменьшить затраты на выполнение вызова примерно в два раза.

КОМБИНАЦИИ С АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Воркутинская опорная зона не имеет прямого автомобильного сообщения с дру-

⁶ Перечень документов аэропорта Воркута. — [Электронный ресурс]: <http://www.komiaviatrans.ru/airport/docs.php?id=5&m>.



**Рис. 3. Структура
автомобильного парка
городского округа Воркута на
конец 2015 года. Авторская
разработка по [13, с. 4].**

гими городами Республики Коми, а также выхода на федеральные автомагистрали.

На конец 2015 года в городском округе Воркута зарегистрировано 22,8 тыс. автомобилей. Структура автомобильного парка по типам подвижного состава представлена на рис. 3.

В собственности граждан находится большая часть автотранспортных средств (91,5 %). Им принадлежат 95,9 % легковых автомобилей, 35,6 % грузовых автомобилей и 29,7 % автобусов [13, с. 5].

Для обеспечения подвижного состава топливом в Воркуте имеется шесть автозаправочных станций, в т.ч. одна газозаправочная.

Деятельность автомобильного транспорта характеризуется в основном снижением показателей. Так, объём перевозок грузов в 2015 году составил 96,6 %, а грузооборот 55,8 % от результатов предыдущего года. Низкие значения коэффициента использования парка (51,4 %) и коэффициента использования пробега (22,7 %) свидетельствуют о неэффективной эксплуатации грузового автомобильного транспорта. Число внутримunicipальных автобусных маршрутов общего пользования сократилось с 43 (2014 г.) до 36 (2015 г.), а количество перевезённых пассажиров до 2,7 млн человек (81,4 % по отношению к 2014 г.) [13, с. 14–17, 19].

Дорожная инфраструктура отличается низкой плотностью местных дорог общего пользования (все с усовершенствованным покрытием) — 5 км/1000 км² территории, в то время как Сыктывкар имеет 103,4 км/1000 км² территории. Протяжённость этих дорог составляет 119 км, из которых в 2015 году 28,6 % не отвечали нормативным требованиям [13,

с. 26–27]. В холодное время года «автозимники» связывают Воркуту с п. Усть-Кара и г. Лабитнанги.

В рамках реализации проекта сооружения системы магистральных трубопроводов Бованенково—Ухта построена технологическая автомобильная дорога, соединяющая три компрессорные станции от Воркуты до побережья Байдарацкой губы. По ней осуществляется перевозка грузов и вахтового персонала для обслуживания введённых в эксплуатацию объектов.

Поскольку автодорожная сеть Воркуты не имеет прямого выхода на республиканские и федеральные трассы, автомобили, как и другая колёсная техника, между Воркутой и Ухтой перевозятся на железнодорожных платформах, а к станции Ухта поступают собственным ходом. Для улучшения сложившейся ситуации имеется проект «Строительство автомобильной дороги Сыктывкар—Ухта—Печора—Усинск—Нарьян-Мар с подъездами к городам Воркута и Салехард» [14, с. 145], реализация которого начата.

ПО ТРУБАМ В ЕВРОПУ

Система магистральных газопроводов является одним из эффективных видов транспорта, действующих на территории Республики Коми [15, с. 196]. Через Воркутинский транспортный узел проходит газ-промовский трубопровод Бованенково—Ухта, по которому газ с Бованенковского и Харасавейского месторождений Ямала доставляется в Европу [16, с. 41]. Для обеспечения технологического процесса предусмотрено девять компрессорных станций, две из которых располагаются в Воркутинской опорной зоне.

Компрессорные станции КС-3 «Гагарацкая» (находится в 70 км севернее Воркуты) и КС-4 «Воркутинская» (находится в 30 км южнее города) поддерживают в трубопрово-

⁷ Госсовет Коми озвучил доводы о необходимости создания базы санавиации в Воркуте. [Электронный ресурс]: <http://www.komionline/node/79760>.



дах диаметром 1420 мм давление 11,8 МПа с помощью газоперекачивающих аппаратов ГПА-25. Проектная мощность по перекачке составляет 115 млрд м³/год с перспективой увеличения до 140 млрд м³/год⁸.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования показывают, что для текущего социально-экономического положения Воркутинской опорной зоны, определяемого численностью населения и состоянием промышленности, мощностей транспортной инфраструктуры вполне достаточно, однако для выполнения планов по развитию Арктики требуется усиление транспортного узла, что возможно при реализации обозначенных в статье проектов. Каждый вид транспорта будет выполнять предназначенные ему важные функции:

- *железнодорожный транспорт*: обеспечивать основные объёмы перевозок грузов и пассажиров, доставку ресурсов, добываемых за Уралом, в европейскую часть страны, налаживать подходы к новым морским портам на арктическом побережье, помогать в разгрузке Транссиба;
- *воздушный транспорт*: осуществлять связи Воркутинской опорной зоны с другими регионами страны, обеспечивать безопасность функционирования Северного морского пути (патрулирование, ледовая разведка), оперативное реагирование на чрезвычайные ситуации, предоставление медицинской помощи населению;
- *автомобильный транспорт*: обслуживать предприятия, организации и жителей Воркуты, совершать перевозки грузов и пассажиров на объекты, находящиеся за пределами города;
- *трубопроводный транспорт*: поддерживать бесперебойную прокачку газа по территории Воркутинской опорной зоны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондратов Н. А. Особенности развития транспортной инфраструктуры в арктической зоне России // Географический вестник. — 2017. — № 4. — С. 68–80.

⁸ПАО Газпром / Бованенковское месторождение. [Электронный ресурс]: <http://www.gazprom.ru/projects/bovanenkovskoe>.

2. Порфирьев Б. Н., Воронина С. А., Семикашев В. В. и др. Последствия изменения климата для экономического роста и развития отдельных секторов экономики российской Арктики // Арктика: экономика и экология. — 2017. — № 4. — С. 4–17.

3. Порфирьев Б. Н. Природа и экономика: риски взаимодействия (эколого-экономические очерки). — М.: Анкил, 2011. — 352 с.

4. Пилясов А. Н. Города российской Арктики: сравнение по экономическим индикаторам // Вестник Московского университета. Серия «География». — 2011. — № 4. — С. 64–69.

5. Козлов А. В., Гутман С. С., Рытова Е. В., Захаров А. Н. Проблемы выбора технологий освоения арктических территорий: опыт России и Норвегии // Модернизация. Инновации. Развитие. — 2015. — № 4. — С. 19–28.

6. Калинина А. А., Луканичева В. П. Энергетическая инфраструктура арктического города Воркута: проблемы, направления развития // Известия Коми научного центра УрО РАН. — 2016. — № 3. — С. 129–133.

7. Фаузер В. В., Лыткина Т. С., Панарина И. А. Воркутинский городской округ в арктическом пространстве России: динамика численности и особенности воспроизводства населения // Известия Коми научного центра УрО РАН. — 2017. — № 4. — С. 123–131.

8. Каплан А. В., Пикалов В. А., Соколовский А. В., Шипунов А. П. Оценка перспектив развития угледобычи в Печорском бассейне // Родник будущего. — 2010. — № 2. — С. 12–15.

9. Шамрикова Е. В., Ванчикова Е. В., Рязанов В. А., Казаков В. Г. Состояние снежного и почвенного покрова вблизи цементного завода // Вода: химия и экология. — 2010. — № 10. — С. 46–51.

10. Антонов Е. В., Денисов Е. А., Ефремова В. А., Фадеев В. М. Современные проблемы развития убывающих городов на северо-востоке Республики Коми // Вестник Московского университета. Серия «География». — 2014. — № 2. — С. 55–61.

11. Киселенко А. Н. О развитии транспортной системы европейского Севера России // Региональная экономика: теория и практика. — 2014. — № 11. — С. 2–11.

12. Шапошников Н. А., Оленев А. В., Игнаткин С. Н. Обследование деформирующихся участков земляного полотна на линии ст. Инта–ст. Воркута, ст. Чум–ст. Лабытнанги Северной железной дороги // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Серия «Политематическая». — 2011. — Вып. 3. [Электронный ресурс]: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articleno=635>. Доступ 30.11.2018.

13. Деятельность автомобильного транспорта в Республике Коми в 2015 году / Статистический бюллетень № 04-110-116/5. — Сыктывкар. — 2016. — 32 с.

14. Киселенко А. Н., Малащук П. А. Сценарии развития наземного транспорта Европейского Северо-Востока и Приуралья Севера // Мир транспорта. — 2015. — № 4. — С. 138–153.

15. Фомина И. В. Эффективность функционирования транспорта северного региона // Транспорт России: проблемы и перспективы: Материалы международной научно-практ. конференции. — СПб.: НПО «Профессионал», 2013. — С. 195–197.

16. Тимонина Н. Н., Никонов Н. И. Стратегия развития нефтегазового комплекса Республики Коми // Георесурсы. — 2013. — № 3. — С. 39–44. ●

Координаты авторов: **Киселенко А. Н.** — kiselenko@iespn.komisc.ru,
Малащук П. А. — translab@iespn.komisc.ru.

Статья поступила в редакцию 30.11.2018, принята к публикации 20.12.2018.

VORKUTA TRANSPORT HUB AND ITS ROLE IN DEVELOPMENT OF THE ARCTIC AREA

Kiselenko, Anatoly N., Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia.

Malashchuk, Petr A., Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia.

ABSTRACT

The article describes Vorkuta transport hub as one of the few large regional centers of the Russian North, which, because of its location, is so important for development of transportation links in the European and Ural Arctic zone. It is shown that the capacity of this hub, which has in its infrastructure all modes of transport, except inland water transport,

meets region's current needs in freight and passenger transportation. Nevertheless, exploration of natural resources of the Arctic region and solution of other development tasks require strengthening of the existing transport capacity of Vorkuta region through implementation of transport projects under the study, particularly regarding renewal of railroads, civil aviation, road transport and pipelines.

Keywords: Arctic, Vorkuta, transport hub, infrastructure, modes of transport, development projects.

Background. The development of the Arctic zone of Russia (eight reference areas, including Vorkuta) is directly related to the development of transport infrastructure [1, p. 69]. It should be noted, however, that extreme climatic conditions ambiguously affect prospects of its development. On the one hand, there is a steady downward trend in the area regarding total space and thickness of the ice cover of the northern seas, which leads to an increase in the attractiveness of transportation along the Northern Sea Route. On the other hand, an increase in the average annual temperature leads to accelerated destruction of the coast and port infrastructure, as well as to accelerated degradation of permafrost area [2, p. 11], which critically affects the land transport infrastructure. For example, the expenses of Gazprom in Nadym to stabilize the carrying capacity of soils, along which roads and pipelines pass, amount to 1 thousand dollars/m² [3, p. 82].

Inland northern territories include Vorkuta as one of few cities that can be considered as a large one according to local standards, and whose infrastructure facilities are located in the permafrost zone [4, p. 65]. It was founded thanks to development of the Pechora coal basin and the emergence of the town-forming coal enterprise here [5, p. 22]. While the estimated capacity of the city's energy infrastructure allows to accommodate 300 thousand people [6, p. 130], the population of Vorkuta district as of January 1, 2017 was 80,1 thousand (the maximum was 218,5 thousand people in 1989 [7, p. 127]).

Vorkuta geological and industrial region has the largest coal reserves in Europe (about 4 billion tons) and has a high industrial potential [8, p. 14]. There are rich deposits of limestone and slate near the town [9, p. 46], which are suitable for production of cement. In addition, Vorkuta is supporting and logistics base of Bovanenkovo–Ukhta gas pipeline, the supporting unit of the reindeer herders of Bolshezemelnaya Tundra [10, p. 56].

Objective. The objective of the authors is to consider the role of Vorkuta transport hub in development of the Arctic zone of Russia and to study its main elements.

Methods. The authors use economic, system and comparative analysis, evaluation approach, scientific description.

Results.

Rails with access to the sea

Railway transport provides year-round communication with the rest of the country via Konosha–Vorkuta main line [11, p. 3]. The movement

of trains on it is carried out by using diesel locomotives. Up to Inta station the railway is double-tracked, and Inta–Vorkuta section is a single track. At Chum station, Vorkuta and Labytnangi sections branch off the railway.

The construction of the lines Inta–Vorkuta, Chum–Labytnangi and their subsequent operation caused significant changes in the conditions in permafrost areas. Those changes are determined by disturbance of heat exchange between the surface of the earth and the atmosphere as a result of removal of vegetation cover, emergence of water permeability problems, reformation of snow deposits and deterioration of surface runoff conditions. There are deformations of the roadbed, precipitation and spreading of embankments on thawing permafrost soils, as well as formation of thermokarst depressions on the territories adjacent to embankments [12, p. 2]. This leads to limitation of the weight of trains, especially those which are operated in the northern direction. For example, the weight rate of trains stipulated for diesel locomotives 2TE10 at Vorkuta–Labytnangi section is 3500 tons, Vorkuta–Inta – 4400 tons, and at Inta–Sosnogorsk section it rises to 4800 tons¹.

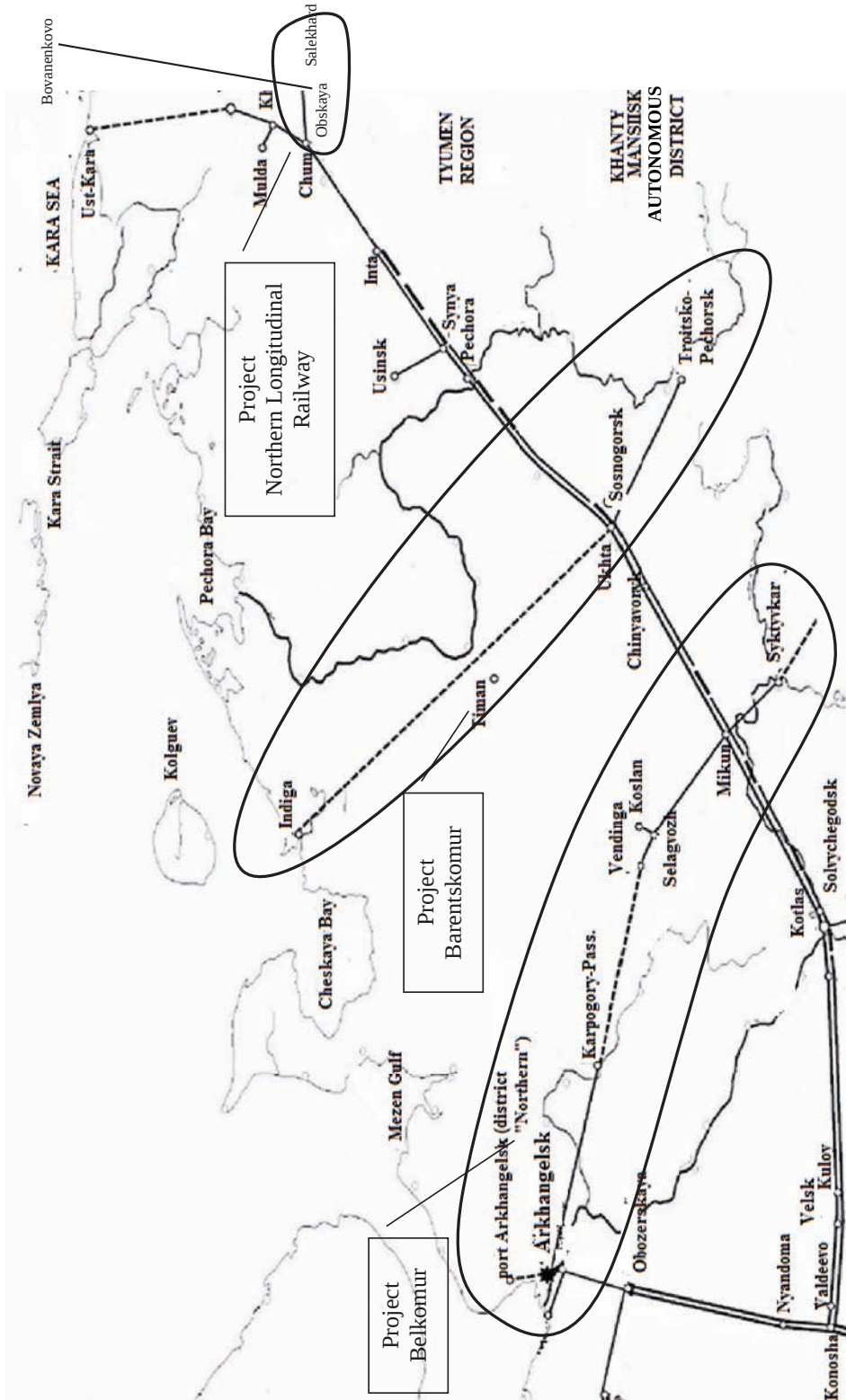
Large length of non-public tracks, which are the entrances to existing and closed coal mines, has always been a feature of Vorkuta hub. In the absence of the technological process agreed upon between the railway infrastructure unit of JSC Vorkutaugol and JSC Russian Railways, congestion may emerge at the approaches to Vorkuta station. This was observed, in particular, during construction of the first stage of Bovanenkovo–Ukhta gas pipeline due to the fact that the infrastructure on the secondary routes is not sufficiently prepared for handling of general cargo.

Vorkuta station of Sosnogorsk regional unit of the Northern Railway is a cargo station and handles operations of receipt and delivery of goods by small, carload shipments; receipt and delivery of goods in universal containers weighing up to 20 tons, for which both open areas and covered warehouses are equipped.

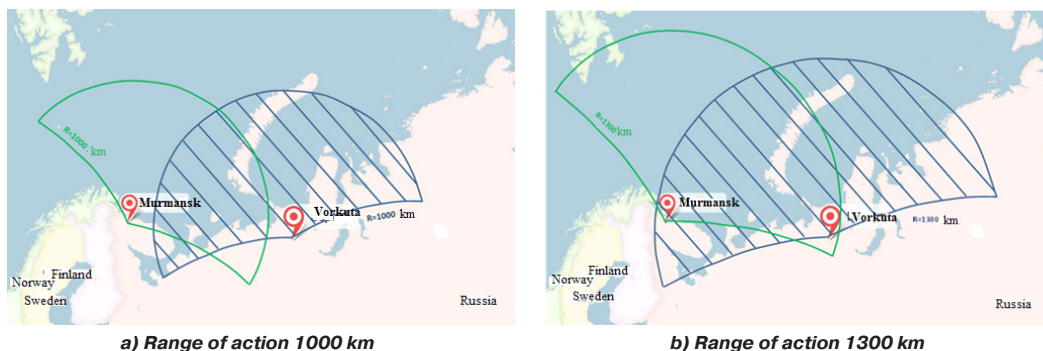
A 400 m long passenger platform is capable to receive a train of 15 coaches. Direct communication with the cities of Moscow, St. Petersburg, Syktyvkar, Labytnangi, Kirov, Adler, Nizhny Novgorod and others is provided.

¹ Railway. History, terminology, development history. Heavy traffic. [Electronic resource]: <http://rly/uk/node/6867>.





Pic. 1. Railway projects in the Republic of Komi and the Northern Urals.



Pic. 2. Comparison of the polar aviation zone (developed by the authors).

The operation depot provides technical maintenance of locomotives, besides there are a car shed and car maintenance points in Inta, Pechora, Mulda, Usinsk, Labytnangi.

The railway line connecting Vorkuta and Labytnangi is adjoined by the non-public railway Obstkaya–Bovanenkovo owned by PJSC Gazprom, which is used as a technological route².

The role of Vorkuta as a supporting transport hub will increase significantly after implementation of the Northern latitudinal railway project, which is supposed to connect the Northern and Sverdlovsk railways. Construction of the route with a total length of 707 km Obstkaya–Salekhard–Nadym–Pangody–Novy Urengoy–Korotchaev is planned for 2018–2023. The projected volume of traffic on the main line – 23,9 million tons per year³, transported goods comprising mainly oil cargo and gas condensate. The project is implemented on the principles of the private-public partnership in the form of a concession, the participants of which (JSC Russian Railways, PJSC Gazprom, Yamalo-Nenets Autonomous District) will finance reconstruction of objects of their own railway infrastructure, and construction of new ones will be carried out by a special project company (SPK-Concessionaire).

JSC Russian Railways will reconstruct Kotlas–Chum–Labytnangi section, including Obstkaya railway station of the Northern Railway, as well as Pangody–Novy Urengoy–Korotchaev section of Sverdlovskaya railway. Works on Nadym–Pangody section will be carried out by PJSC Gazprom. The concessionaire will provide financing, construction and operation of Obstkaya–Salekhard–Nadym line, including construction of the railway part of the bridges across the Ob river and the river Nadym. The administration of Yamalo-Nenets Autonomous District will invest in construction of the automobile part of the bridge across the Ob river, as well as will provide land for laying the main line.

² Lebedeva I. Gordian knot. Northern railway line, No. 2, 2012. [Electronic resource]: http://www.gudok.ru/zdr/179/?ID=654639&phrase_id=8837.

³ Order of the Government of the Russian Federation No. 1663-p dated 08.08.2018 «On Concluding a Concession Contract for Financing, Building and Operating the Public Transport Infrastructure Obstkaya – Salekhard–Nadym». Reference and legal system Consultant Plus.

⁴ Valinsky, O. Traction for the Northern course. Gudok, No. 195 (26568), 2018. [Electronic resource]: <http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1440877>.

According to the concession agreement to transport predicted cargo volume, it is proposed to build the second main tracks at Inta–Chum section, lengthen the receiving and departure tracks at the stations, and to develop additional side tracks and equip them with automatic blocking devices at Chum–Labytnangi section. In the framework of the project, in 2017, fiber optic cable was tested to monitor the movement of trains using the system of vibro-acoustic sounding of the railway track in permafrost conditions at Kharp–Labytnangi section. Measures to increase capacity will raise the weight rate of freight trains up to 6000 tons⁴.

The Northern Latitudinal Railway was originally a component of the large project «Ural Industrial – Ural Polar», the implementation of which will strengthen the importance of the transport hub of Vorkuta with regard to transshipment of resources in the western direction. Besides, some other transport projects, like Belkomur and Barentskomur, can be implemented in the territory of the Komi Republic, which can seriously affect loading of the railway network. Pic. 1 presents the projects, the implementation of which is able to increase the workload of the railway network of the Republic of Komi and of the Northern Urals area.

The implementation of the project «Northern Latitudinal Railway» gives access to cargoes from the east of the country to the Northern Sea Route through the non-public railway line Obstkaya–Bovanenkovo–Sabetta. The 170 km long Bovanenkovo–Sabetta single-track railway is planned to be used for industrial transportation by oil and gas companies, the volume of which should be 7 million tons in the fifth year of operation and 14 million tons in the tenth year⁵.

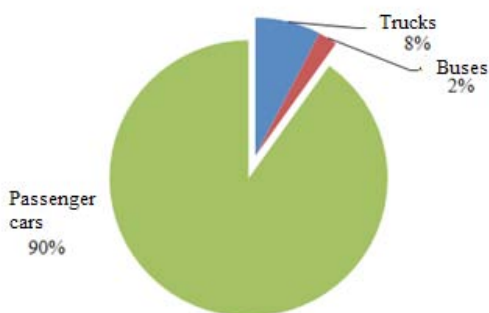
The construction of Vorkuta–Ust-Kara–Amderma railway will also be promising; it will allow the delivery of cargoes to the coast along the Northern Sea Route. However, the shallow waters in the seaports of Ust-Kara and Amderma will require additional costs for infrastructure development.

Revival of polar aviation

The city of Vorkuta has an airport which is operated JSC Komaviatrans. The airport is able to receive aircrafts like L-410, Antonov An-12, Anotonov An-24, Antonov An-26, Ilyushin Il-18,

⁵ Parsadanian, S. The payback of the construction project of the Bovanenkovo–Sabetta railway line is laid down in the terms of the PPP agreement. RZD-Partner. Opinion. [Electronic resource]: <http://www.rzd-partner.ru/rzd-transport/opinions/okupaemost-proekta-stroitelstva-zheleznodorozhnouy-linii-bovanenkovo-sabetta-zalozhena-v-usloviyakh-s>.





Pic. 3. The structure of the car fleet of the urban district of Vorkuta at the end of 2015. Developed by the authors [13, p. 4].

Ilyushin Il-11, Yakovlev Yak-40, Yakovlev Yak-42, Tupolev Tu-134, CRJ-100 / 200, ATR-42, EMB-120ER, etc., as well as helicopters of all types and has limitations (natural) for the length of the runway. The capacity for arrivals / departures is two aircraft per hour, the average daily passenger traffic is 143 people; the average daily volume of freight transportation is 1,932 tons⁶.

Currently Komaviatrans (Embraer ERJ-145) and RusLine (Bombardier CRJ 100/200) airlines carry out regular air transportation between Vorkuta and Moscow and Syktyvkar.

The existing capacities of Vorkuta airport fully satisfy the modern requirements for air transportation. The disadvantage of the airport is the technical impossibility of using of larger aircrafts for regular flights.

With the increasing intensity of shipping along the Northern Sea Route, the need for ice reconnaissance to determine the easiest, shortest and safest route for ships in ice increases, besides there is a need to patrol the 200-mile economic sea zone, to survey fish stocks. This is impossible without the revival of the Arctic (polar) aviation, one of the main bases of which should be Vorkuta transport hub.

Such placement will allow to control the territory on An-24 type aircraft (with a range of about 2000 km) from Murmansk in the west and almost to the Vilkitsky Strait in the east. More modern aircrafts, such as An-74 and An-140, have a range of more than 2500 km, and with a maximum fuel load – more than 3000 km. It should be noted that the straight line distance from Murmansk to the beginning of the Northern Sea Route (Karsky Gate) is about 1000 km, which is at the limit of the effective radius of the most common Arctic aircraft – An-24 (Pic. 2).

It is planned to replace the An-24 aircrafts by Il-114-300 twin-engine turboprop aircraft that will be produced from 2021. This aircraft will have passenger capacity of 64 seats and a flight range of 2100 km. Besides passenger version, medical, ice reconnaissance and fish resources patrolling versions might be manufactured, for which the flight distance with a maximum fuel reserve will be 4800 km, and with the installation of an additional fuel tank – 5600 km.

In order to improve the quality of work of Vorkuta Arctic Complex Emergency Rescue Center of the Emergency Situations Ministry, emergency response to emergencies in the region and possible man-made

disasters in the area of the hub it is necessary to arrange for a permanent base of the helicopters of the Emergency Situations Ministry aviation, and possibility to base its heavy aircrafts in case it can be required.

The availability of emergency medical care, especially for people living in hard-to-reach areas, can be significantly increased if there is an air ambulance service at Vorkuta Airport, the services of which are currently provided by Mi-8 helicopter based in the city of Pechora. This would allow to reduce the time of evacuation of patients from 6 to 2–3 hours and reduce the cost of a medical visit by about two times⁷.

Combinations with road transport

Vorkuta area has no direct road connection with other cities of the Komi Republic, either access to the federal highways.

At the end of 2015, 22,8 thousand cars were registered in the urban district of Vorkuta. The structure of the car fleet by type is presented in Pic. 3

Citizens own most of the vehicles (91,5 %). They own 95,9 % of passenger cars, 35,6 % of trucks and 29,7 % of buses [13, p. 5].

To provide the fleet with fuel, there are six petrol stations in Vorkuta, including one natural gas station.

The activities of road transport are characterized mainly by a decrease in performance. Thus, the volume of freight transportation in 2015 was 96,6 %, and the freight turnover was 55,8 % as compared to the results of the previous year. Low fleet utilization rates (51,4 %) and mileage utilization rates (22,7 %) indicate inefficient operation of road freight transport. The number of public municipal bus routes decreased from 43 (2014) to 36 (2015), and the number of passengers transported to 2,7 million people (81,4 % compared to 2014) [13, pp. 14–17, 19].

The road infrastructure has low density of local public roads (all surfaced) – 5 km/1000 km² of the territory, while Syktyvkar has 103,4 km/1000 km² of the territory. The length of these roads is 119 km, of which in 2015 28,6 % did not meet regulatory requirements [13, pp. 26–27]. In the cold season, the «winter roads» connect Vorkuta with Ust-Kara and Labytnangi.

As part of the project for construction of Bovanenkovo–Ukhta trunk pipeline system, a technological highway was constructed connecting three compressor stations from Vorkuta to the coast of the Baydaratskaya Bay. It is used to carry cargo and shift personnel to service facilities.

While the road network of Vorkuta has no direct access to the republican and federal highways, it is connected with them by rail. Automobiles, like other wheeled vehicles, are transported between Vorkuta and Ukhta on railway platforms, and arrive at Ukhta station on their own. To improve the current situation, there is a project «Construction of Syktyvkar–Ukhta–Pechora–Usinsk–Naryan-Mar highway with access to the cities of Vorkuta and Salekhard» [14, p. 145], the implementation of which has begun.

Along pipes to Europe

The system of gas pipelines is one of the most efficient types of transport operating in the territory of the Komi Republic [15, p. 196]. Bovanenkovo–Ukhta gas pipeline passes via Vorkuta transport hub, this pipeline delivers gas from Bavanensky and Kharasaveisky fields of Yamal

⁷ Komi State Council voiced arguments about the need to create medical aviation base in Vorkuta. [Electronic resource]: <http://www.komionline.ru/node/79760>.

⁸ PJSC Gazprom. Bovanenkovo field. [Electronic resource]: <http://www.gazprom.ru/projects/bovanenkovskoe>.

⁶ List of documents of Vorkuta airport. [Electronic resource]: <http://www.komaviatrans.ru/airport/docs.php?id=5&m>.

to Europe [16, p. 41]. To ensure the technological process, nine compressor stations are provided, two of which are located in Vorkuta area.

Compressor stations KS-3 «Gagaratskaya» (located 70 km north of Vorkuta) and KS-4 Vorkutinskaya (located 30 km south of the city) maintain pressure of 11,8 MPa in pipelines with a diameter of 1420 mm using gas-pumping units GPA-25. The design pumping capacity is 115 billion m³/year with the prospect of an increase to 140 billion m³/year⁸.

Conclusion. The results of the study show that the current socio-economic situation of Vorkuta logistics and supporting zone, determined by number of inhabitants and state of industry, has sufficient transport infrastructure capacity, but to fulfill the plans for development of the Arctic area, it is necessary to enhance the transport hub, that is possible through implementing the projects mentioned in the article. Each mode of transport will perform its important functions:

- railways have to transport main volumes of freight and passengers, to provide delivery of the mineral resources from the Urals to the European part of the country, to arrange transport approach to new sea ports on the Arctic coast, to assist in redistribution of the traffic flows through the Trans-Siberian Railway;
- air transport is to facilitate the links of Vorkuta area with other regions of the country, to ensure safety of the Northern Sea Route operation (patrolling, ice reconnaissance), prompt response to emergency situations, provision of medical assistance to the population;
- road transport is to service enterprises, organizations and residents of Vorkuta, to transport goods and passengers to objects outside the city;
- pipeline transport is to maintain continuous gas transit through Vorkuta logistics and supporting zone.

REFERENCES

1. Kondratov, N. A. Features of development of transport infrastructure in the Arctic zone of Russia [Osobennosti razvitiya transportnoi infrastruktury v arkticheskoi zone Rossii]. *Geograficheskiy vestnik*, 2017, Iss. 4, pp. 68–80.
2. Porfiriev, B. N., Voronina, S. A., Semikashchev, V. V. [et al]. The implications of climate change for the economic growth and development of particular sectors of the economy of the Russian Arctic [Posledstviya izmeneniya klimata dlya ekonomicheskogo rosta i razvitiya otdelnykh sektorov ekonomiki rossiiskoi Arktiki]. *Arktika: ekonomika i ekologiya*, 2017, Iss. 4, pp. 4–17.
3. Porfiriev, B. N. Nature and the economy: the risks of interaction (environmental and economic essays) [*Priroda i ekonomika: riski vzaimodeystviya (ekologo-ekonomicheskoe ocherki)*]. Moscow: Ankil publ., 2011, 352 p.
4. Pilyasov, A. N. Cities of the Russian Arctic: comparison by economic indicators [Goroda rossiiskoi Arktiki: sravnenie po ekonomicheskim indikatoram]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Series «Geography»*, 2011, Iss. 4, pp. 64–69.
5. Kozlov, A. V., Gutman, S. S., Rytova, E. V., Zakharov, A. N. Problems of the choice of technologies for development of the Arctic territories: the experience of Russia

and Norway [Problemy vybora tekhnologii osvoeniya arkticheskikh territorii: opyt Rossii i Norvegii]. *Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitiye*, 2015, Iss. 4, pp. 19–28.

6. Kalinina, A. A., Lukanicheva, V. P. Energy infrastructure of the Arctic city of Vorkuta: problems, directions of development [Energeticheskaya infrastruktura arkticheskogo goroda Vorkuta: problem, napravleniya razvitiya]. *News of Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2016, Iss. 3, pp. 129–133.

7. Fauzer, V. V., Lytkina, T. S., Panarina, I. A. Vorkuta urban district in the Arctic area of Russia: population dynamics and population reproduction characteristics [Vorkutinsky gorodskoy okrug v arkticheskoy prostranstve Rossii: dinamika chislennosti i osobennosti vosproizvodstva naseleniya]. *News of Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2017, Iss. 4, pp. 123–131.

8. Kaplan, A. V., Pikalov, V. A., Sokolovsky, A. V., Shipunov, A. P. Evaluation of the prospects for development of coal mining in Pechora basin [Otsenka perspektiv razvitiya ugledobychi v Pechorskom basseine]. *Rodnik budushchego*, 2010, Iss. 2, pp. 12–15.

9. Shamrikova, E. V., Vanchikova, E. V., Ryazanov, V. A., Kazakov, V. G. Snow and soil cover near the cement plant [Sostoyaniye snezhnogo i pochvennogo pokrova vblizi tsementnogo zavoda]. *Voda: khimiya i ekologiya*, 2010, Iss. 10, pp. 46–51.

10. Antonov, E. V., Denisov, E. A., Efremova, V. A., Fadeev, V. M. Modern Problems of development of descending cities in the North-East of the Komi Republic [Sovremennye problemy razvitiya ubyayushchikh gorodov na severo-vostoke Respubliki Komi]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Series «Geography»*, 2014, Iss. 2, pp. 55–61.

11. Kiselenko, A. N. On development of the transport system of the European North of Russia [O razvitiye transportnoi sistemy evropeiskogo Severa Rossii]. *Regionalnaya ekonomika: teoriya i praktika*, 2014, Iss. 11, pp. 2–11.

12. Shaposhnikov, N. A., Olenov, A. V., Ignatkin, C. N. Inspection of deformed areas of the roadbed on the line Inta–Vorkuta, Chum–Labytnangi of the Northern Railway [Obsledovanie deformiruyushchikh uchastkov zemlyanogo polotna na linii Inta–Vorkuta, Chum–Labytnangi Severnoi zheleznoi dorogi]. *Internet-Bulletin of VolgGASU. Series «Polythematics»*, 2011, Iss. 3. [Electronic resource]: <http://vestnik.vgasu.ru/?source=4&articulo=635>. Last accessed 30.11.2018.

13. Road transport activity in the Komi Republic in 2015 [Deyatelnost' avtomobilnogo transporta v Respublike Komi v 2015 godu]. *Statistical Bulletin No. 04–110–116/5*. Syktyvkar, 2016, 32 p.

14. Kiselenko, A. N., Malashchuk, P. A. Development scenarios for land transport of Russian North-Eastern European and Northern Transural areas. *World of Transport and Transportation*, Vol. 13, 2015, Iss. 4, pp. 138–153.

15. Fomina, I. V. Efficiency of the transport of the northern region [Efektivnost' funktsionirovaniya transporta severnogo regiona]. *Transport of Russia: problems and prospects. Materials of the international scientific-practical conference. St. Petersburg, NGO «Professional»*, 2013, pp. 195–197.

16. Timonina, N. N., Nikonov, N. I. Development strategy of the oil and gas complex of the Komi Republic [Strategiya razvitiya neftegazovogo kompleksa Respubliki Komi]. *Georesursy*, 2013, Iss. 3, pp. 39–44.

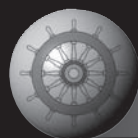
Information about the authors:

Kiselenko, Anatoly N. – D.Sc. (Eng), D.Sc. (Economics), professor, head of the laboratory of transport problems of the North Institute of Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, kiselenko@iespn.komisc.ru.

Malashchuk, Petr A. – Ph.D. (Eng), senior researcher of the laboratory of transport problems of the North Institute of Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, translab@iespn.komisc.ru.

Article received 30.11.2018, accepted 20.12.2018.





Будущее радиоуправляемых стрелок с автономным питанием



Дмитрий ЕФАНОВ

Dmitry V. EFANOV

The Future of Radio Controlled Switches with Autonomous Power Supply

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 160)

Описывается перспективный способ управления на железнодорожном транспорте, учитывающий минимизацию числа напольных технологических объектов, использование беспроводных технологий передачи данных, а также применение источников возобновляемой энергии для децентрализованных подсистем стрелочных переводов. Все остальные команды предложено реализовывать путём применения киберзащищённого радиоканала с отказом от дискретного позиционирования подвижных единиц и дискретной передачи данных о скоростных режимах движения поездов. Система стрелок с автономным питанием и использованием радиоканала для управления и контроля положения остряков должна адаптироваться поэтапно, начиная с местного уровня и наличия носимых устройств и заканчивая глобальной централизацией в пределах станции.

Ключевые слова: железная дорога, управление движением, цифровизация, альтернативные источники энергоснабжения, радиоканал, железнодорожные стрелки.

Ефанов Дмитрий Викторович – доктор технических наук, руководитель направления систем мониторинга и диагностики ООО «ЛокоТех-Сигнал», профессор кафедры автоматики, телемеханики и связи на железнодорожном транспорте Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Ключевым направлением развития железнодорожного транспорта во всём мире стало создание высокоскоростного конкурентоспособного перевозочного комплекса, а также совершенствование принципов эксплуатации инфраструктуры и подвижных объектов с целью оптимизации ресурсов. В этой связи внимание железнодорожного сообщества сосредоточено на интеллектуализации и цифровизации транспортного процесса с переносом значительной части функций по управлению и диагностированию на тяговые подвижные единицы [1–5].

БЕЗ АЛЬТЕРНАТИВЫ НИКУДА

Цифровизация в полной мере позволит учесть интересы всех участников движения, их цели и задачи, оптимизировать загрузку объектов инфраструктуры, подвижного состава и операторов (как центров управления перевозками, станций, так и машинистов), а также открыть пути к созданию умного и энергоэффективного железнодорожного транспорта [6, 7].

Цифровизация – это лишь одна сторона развития. Вторая сторона – решение проблемы энергетики. Известный факт, что основной объём энергии человечество

получает сейчас за счёт использования невозобновляемых источников энергии. Железнодорожный транспорт, и подавно, работает только благодаря им. Эффективность использования энергии в отрасли крайне низкая, велика энергопотеря в ходе технологических процессов, а коэффициенты полезного действия (КПД) — далеки от идеальных (к примеру, КПД электрической тяги, учитывающий аналогичные показатели электростанций, устройств внешнего и тягового электрообеспечения, электроподвижного состава, составляет менее 25 % [8]). Кроме того, значимый недостаток традиционных источников энергии — вредные выбросы и деструктивное влияние на экологическую обстановку [9, с. 87].

Многие страны обращают внимание на глобальные проблемы невозобновляемой энергетики, стоимость ресурсов, влияние на окружающую среду и мировую экологию. Это касается и железнодорожных сетей. Так, к примеру, железные дороги Нидерландов с 2017 года используют преимущественно источники возобновляемой энергии (энергии ветра), а Дания нацелена на переход к тотальному применению возобновляемой энергии в работе железнодорожного комплекса к середине XXI столетия [10]. Развивающиеся страны азиатского континента, прежде всего Япония и Индия, используют энергию солнца, располагая на платформенных крышах станций солнечные панели, ветряные турбины вдоль железнодорожных линий, в том числе управляемые ветровой нагрузкой от движущегося поезда [11, с. 1; 12, с. 1; 13, с. 1; 14, с. 25].

Ведутся исследования по обозначенной теме и в европейских странах [15, 16]. Некоторые работы в области создания систем генерации альтернативной энергетики публикуются инженерами и учёными постсоветского пространства [17], в частности они касаются и сферы управления движением поездов [18]. Свой интерес к этой проблематике проявляет и руководство российских железных дорог [19].

Стоит отметить, что есть и противники возобновляемых источников энергии, высказывающие аргументированные сомнения относительно их использования именно на

данном этапе развития. Против альтернативной энергетики выступал ещё в 1975 году и академик П. Л. Капица [20, с. 40–41].

Железнодорожный транспорт в России, по сути, не использует возможности возобновляемых источников энергии. В качестве редких позитивных примеров можно привести разве что распределённые системы технического диагностирования и мониторинга сложных инженерных конструкций, подобных железнодорожной контактной подвеске: в такой системе [21, с. 22] с помощью солнечных панелей повышается ресурс диагностических приборов, работающих от автономных источников энергоснабжения. Низкая стоимость производства электроэнергии «по старинке» — главный аргумент противников практики применения источников возобновляемой энергии в России. [10].

Несмотря на все трудности адаптации источников возобновляемой энергии в специфике железнодорожных комплексов, мировое сообщество всё чаще и чаще обращает внимание на них как вероятную в недалёком будущем альтернативу традиционным способам энергоснабжения. Одна из возможностей в использовании возобновляемой энергетики относится к системам управления движением поездов.

РАЗДЕЛЯЙ И УПРАВЛЯЙ

Системы управления движением на железнодорожном транспорте представляют собой совокупность стационарных средств и устройств, располагаемых в непосредственной близости к дорожному полотну и использующих его во многих случаях в качестве тракта передачи данных, а также носимых или бортовых средств управления на тяговых подвижных единицах [22, с. 20].

В роли основных стационарных средств позиционирования подвижных единиц выступают рельсовые цепи (изобретённые во второй половине XIX века), а также системы счёта осей. Причём первые широко распространены на железных дорогах постсоветского пространства. Названные средства предполагают позиционирование в пределах одного участка, оборудованного рельсовой цепью или ограниченного системой счёта осей. Перспективой разви-



тия датчиков позиционирования подвижных единиц является постепенное вытеснение весьма ненадёжных рельсовых цепей и использование счётчиков осей, в более далёкой перспективе возможно применение спутникового позиционирования.

В основном функцию регулирования движения поездов выполняют системы и устройства сигнализации, включающие в себя разнообразные светофоры (их изобрели в начале XX века) и источники звуковой сигнализации. Информация машинисту о скоростных режимах и числе впереди лежащих свободных участков контроля подвижных единиц передаётся в виде светового сигнала. Он поступает на стационарный (напольный) светофор участка контроля, на который разрешено или запрещено въехать, а также на бортовой (локомотивный) светофор. Для приёма данных о цветовом сигнале на локомотиве участки железных дорог оборудуются автоматической сигнализацией с кодированием световых показаний специальным кодом. Такой способ позиционирования подвижной единицы — это регулирование движения в пределах стационарных участков с низкой градацией скоростей.

Возможности современной беспроводной связи позволяют организовывать так называемые «подвижные» блок-участки, когда сам поезд является центральным объектом движения, а на бортовое оборудование поступают данные обо всех допустимых параметрах движения и впереди и позади следующих подвижных единиц в режиме реального времени [23, с. 363; 24, с. 227]. Перспектива развития средств сигнализации — ликвидация светофорной системы и использование прямых указаний машинисту о скорости ведения поезда (вплоть до автоматизации этой функции). При всём том главным недостатком светофорной сигнализации следует признать наличие развёрнутой и распределённой кабельной сети, прокладываемой вдоль путей станций и перегонов.

В качестве средств реализации различных технологических процессов на станциях, связанных с необходимостью разделения поездов, высвобождения путей для их движения и прочим, выступают железнодорожные стрелки. Именно они позволяют осуществлять перемещение подвиж-

ного состава на различные пути и изменение траекторий их движения. Среди всех стационарных средств управления на железнодорожном транспорте в будущем будут сохранены только стрелки, а также механизмы их перевода между крайними своими положениями.

Тем не менее в настоящее время все обозначенные средства управления движением охвачены кабельной сетью, а само управление и энергоснабжение преимущественно централизованы. Управление движением осуществляется посредством систем электрической централизации с отдельными или интегрированными системами интервального регулирования на перегонах.

Перспектива сохранения в качестве средств реализации технологических процессов только железнодорожных стрелок ведёт к тому, что наиболее актуальной задачей выступает возможность создания такой системы управления стрелками, которая будет действовать с минимальным расходом кабеля при организации гарантированно безопасного пропуска поездов. В данном контексте речь может идти о *системах стрелочной централизации* с введением аналогов маршрутизированного перемещения без светофоров с точным позиционированием подвижных единиц (не в пределах дискретных участков контроля).

СТРЕЛОЧНЫЕ ПРИВОДЫ С АВТОНОМНЫМ ПИТАНИЕМ

Основной элемент системы управления железнодорожными стрелками — это стрелочный электропривод, осуществляющий перемещение остяков стрелки (или других элементов её конструкции, например, сердечника крестовины) из одного крайнего положения в другое. Все остальные объекты напольного технологического оборудования при эволюции систем автоматики вполне могут быть ликвидированы [22].

Число элементов управления стрелками определяется, исходя из технологических особенностей станции, наличия на ней пологих стрелок, необходимости дополнительных приводов и т.д. [25, с. 31]. Но одной стрелкой, как правило, управляют с помощью одного привода. Кроме того, стрелки могут быть снабжены защитными устрой-

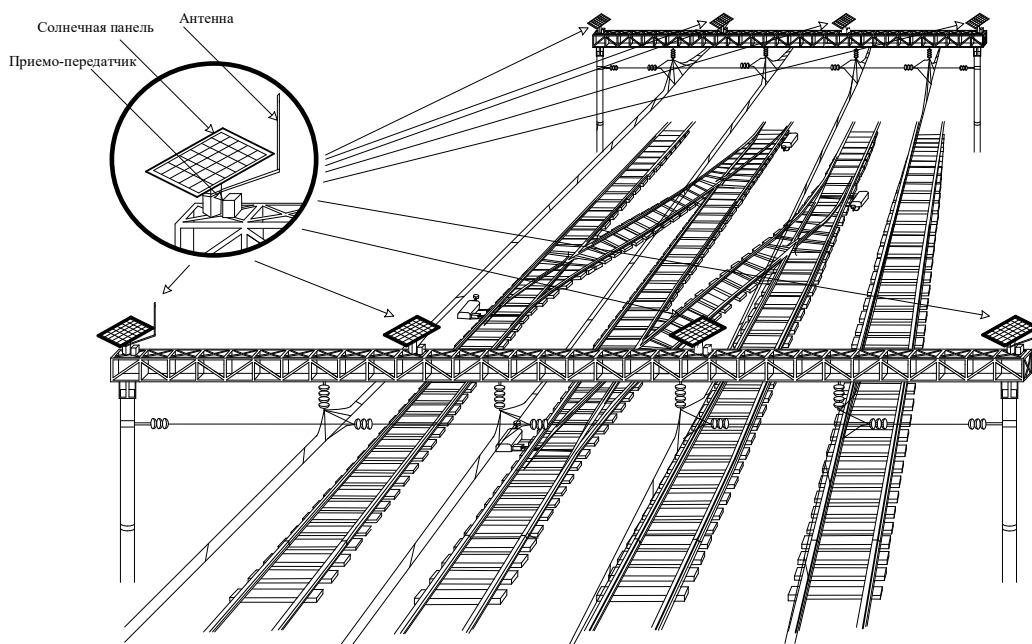


Рис. 1. Расположение элементов энергоснабжения на объектах инфраструктуры тягового хозяйства.

ствами (сбрасывающими башмаками), которые также управляются отдельными приводами. Таким образом, чаще всего на промежуточных станциях насчитывается до 30 стрелок, а на самых крупных, естественно, больше – до 100 и выше. Ввиду малого количества объектов управления строительство системы с развитой кабельной сетью оказывается экономически нецелесообразным, как и последующая эксплуатация таких систем. В особенности это касается станций, где принято решение о переводе управления стрелками с ручного на автоматическое.

Возникает задача создания такого комплекса управления железнодорожными стрелками, который включал бы в себя устройства, позволяющие приводить в движение остряки, расположенные в непосредственной близости к самой стрелке. При этом устройство должно иметь не только привод, но и средства его энергоснабжения, а также передачи информации на управление и информации о достижении крайнего положения стрелки. Понятно, что источники энергоснабжения не предполагают использовать расширенную кабельную сеть. Такой вариант уже сегодня отрабатывается, к примеру, на железных дорогах Швеции для модернизации системы ручного управления стрелками.

Существует несколько решений представленной задачи.

Первое состоит в создании распределённой системы генерации энергии и покрытия станции источниками возобновляемой энергии, которые могут быть расположены на крышах и платформах или же смонтированы на элементах конструкций железнодорожной контактной подвески (рис. 1). С этой целью элементы поддерживающих конструкций сети модернизируются под закрепление на них источников энергии. Причём требуется обеспечить хранение энергии в специальных накопительных подсистемах, в отведённых для этого местах вдоль железнодорожных путей, и нужна кабельная увязка с устройствами автоматического управления железнодорожными стрелками. В данном случае удобно все сигналы по управлению и контролю транслировать посредством кабеля на приёмо-передающие точки в непосредственной близости к антеннам системы организации передачи информации. Сама станция в такой ситуации представляет собой информационное пространство, охваченное промышленным Интернетом вещей (IIoT) [26, с. 1], функционирующим в соответствии со всеми требованиями по кибербезопасности [27, с. 29].



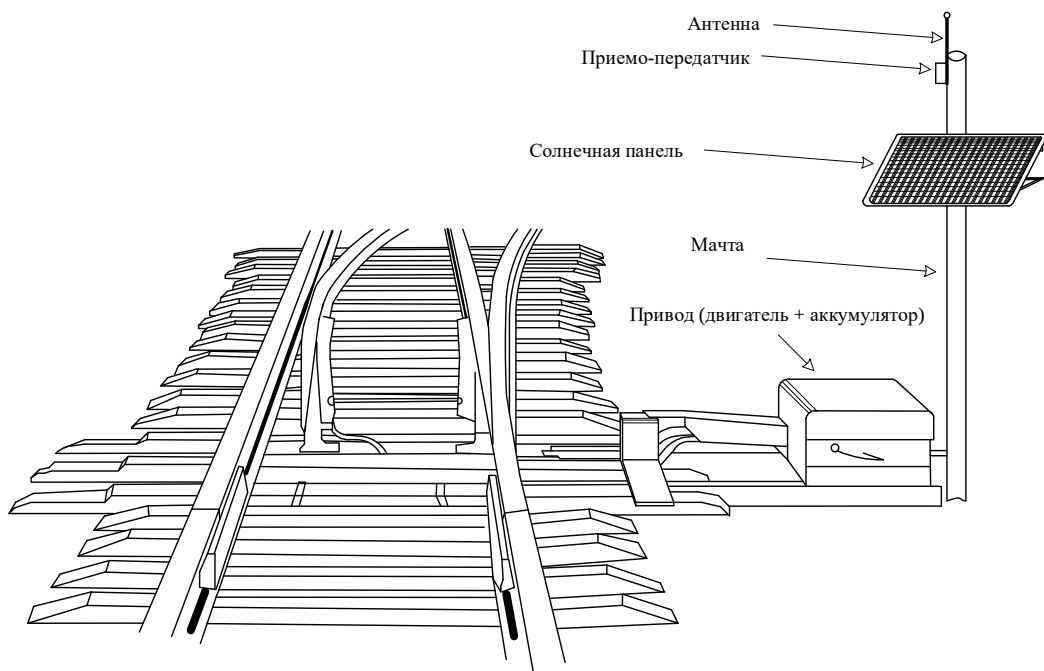


Рис. 2. Расположение элементов конструкции системы управления железнодорожными стрелками.

Другим вариантом решения задачи является создание децентрализованных подсистем управления каждой железнодорожной стрелкой в отдельности (рис. 2). Такая подсистема снабжается источником альтернативной энергии, закрепляемом на своей мачте на достаточной для обеспечения вандалоустойчивости высоте, а также средствами накопления энергии и организации передачи данных.

Подобное техническое решение удобно для станций с небольшим (до 30) числом стрелок и сравнительно малой загруженностью.

Сложности построения системы управления железнодорожными стрелками состоят в следующем:

1. Необходимо определить достаточные (с учётом резерва) мощности для обеспечения функциональных задач.

2. Для экономии энергоснабжения опрос приёмо-передающих устройств следует вести не непрерывно, а по мере необходимости изменения состояний железнодорожной стрелки или же по мере возникновения нештатных ситуаций изменения состояний (нужны датчики, фиксирующие данные события). При этом для обеспечения безопасности нужен

контроль текущего состояния устройств управления.

3. Требуется создание собственного интернета вещей, закрытого для любого доступа.

4. Необходима организация увязки центральной системы позиционирования подвижных единиц на станции с системой управления железнодорожными стрелками по радиоканалу.

Обозначенные проблемы не нашли пока своего решения в полной мере, но частично решаются в системах ручного местного перевода стрелок (например, в вариантах компании Siemens для железнодорожных депо) [28, с. 9]. А сам этап перехода к беспроводной системе управления движением должен происходить поэтапно, с минимизацией напольных объектов железнодорожной инфраструктуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Развитие техники и технологий в первой четверти XXI века позволяет говорить о возможности кардинальных перемен в области систем управления на железнодорожном транспорте и уходе от ставших уже традиционными малоинформативных систем регулирования с дискретными датчиками

позиционирования подвижных единиц, светофорной сигнализацией и развитой кабельной сетью энергоснабжения и передачи данных. Важное значение в этом вопросе имеют два ключевых тренда: «интеллектуализация и цифровизация» и «создание умных систем энергоснабжения». Оба направления должны развиваться параллельно, преследуя цели оптимизации расходов на реализацию технологических процессов по безопасному управлению движением поездов на железнодорожных магистралях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенберг Е. Н., Батраев В. В. О стратегии развития цифровой железной дороги // Бюллетень Объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2018. – № 1. – С. 9–27.
2. Digital Railway Strategy. – Network Rail. – April 2018. – 42 p.
3. Bauer T., Benito D. N. Digital Railway Stations for Increased Throughput and a Better Passenger Experience // Signal+Draht. – 2018. – issue 7+8. – pp. 6–12.
4. Смагин Ю. С., Ефремов А. Ю. Первая цифровая система централизации в Германии // Железные дороги мира. – 2018. – № 8. – С. 63–67.
5. Stäuble R., Gschwend P. Digital Signalling in the Simmental // Signal+Draht. – 2018. – issue 10. – pp. 40–46.
6. Розенберг Е. Н., Уманский В. И., Дзюба Ю. В. Цифровая экономика и цифровая железная дорога // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 5. – С. 45–49.
7. Лёвин Б. А., Цветков В. Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. – 2018. – № 3. – С. 50–61.
8. Коэффициент полезного действия локомотива. [Электронный ресурс]: <http://lokomotiv.ru/podvizhnoy-sostav/koefficient-poleznogo-deystviya-lokomotiva.html>. Доступ 29.10.2018.
9. Грачев В. А., Плямина О. В. Экологическая безопасность и экологическая эффективность энергетики // Век глобализации. – 2017. – № 1. – С. 86–97.
10. Сила ветра: как Дания решила полностью перейти на возобновляемую энергию. [Электронный ресурс]: <http://www.furfur.me/furfur/changes/changes/217567-denmark>. Доступ 29.10.2018.
11. Hayashiya H., Watanabe Y., Fukasawa Y., Miyagawa T., Egami A., Iwakawa Y., Kikuchi S., Yoshizumi H. Cost Impacts of High Efficiency Power Supply Technologies in Railway Power Supply – Traction and Station // 15th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC), 4–6 September 2012, Novi Sad, Serbia, pp. LS3e.4–1 – LS3e.4–6. – DOI: 10.1109/EPEPEMC.2012.6397441.
12. Hayashiya H., Itagaki H., Morita Y., Mitoma Y., Furukawa T., Kuraoka T., Fukasawa Y., Oikawa T. Potentials, Peculiarities and Prospects of Solar Power Generation on the Railway Premises // International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). – 11–14 November 2012. –

Nagasaki, Japan. – pp. 1–6. – DOI: 10.1109/ICRERA.2012.6477458.

13. Srivastava A., Singh A., Joshi G., Gupta A. Utilization of Wind Energy from Railways Using Vertical Axis Wind Turbine // International Conference on Energy Economics and Environment (ICEEE). – 27–28 March 2015. – Noida, India. – pp. 1–5. – DOI: 10.1109/EnergyEconomics.2015.7235107.
14. Kumar A., Karandikar P. B., Chavan D. S. Generating and Saving Energy by Installing Wind Turbines Along the Railway Tracks // International Conference on Energy Systems and Applications. – 30 October – 1 November 2015. – Pune, India. – pp. 25–27. – DOI: 10.1109/ICESA.2015.7503307.
15. Pankovits P., Pouget J., Robyns B., Delhay F., Brisset S. Towards Railway-SmartGrid: Energy Management Optimization for Hybrid Railway Power Substations // IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, Europe. – 12–15 October 2014. – Istanbul, Turkey. – DOI: 10.1109/ISGTEurope.2014.7028816.
16. Aguado J. A., Sánchez Racero A. J., de la Torre S. Optimal Operation of Electric Railways with Renewable Energy and Electric Storage Systems // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2018. – vol. 9. – iss. 2. – pp. 993–1001. – DOI: 10.1109/TSG.2016.2574200.
17. Гончаров Ю. П., Сокол Е. И., Замаруев В. В. и др. Система преобразования энергии, генерируемой в полосе отчуждения железной дороги с помощью солнечных панелей // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2015. – № 30. – С. 98–108.
18. Кушпиль И. В., Бут А. Н. Использование фотоэлектрических модулей для питания устройств железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика на транспорте. – 2017. – № 2. – С. 202–215.
19. Энергия Солнца послужит РЖД. [Электронный ресурс]: <http://www.energovector.com/strategy-energiya-solntsa-poslujit-rjd.html>. Доступ 29.10.2018.
20. Капица П. А. Энергия и физика // Вестник АН СССР. – 1976. – № 1. – С. 34–43.
21. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В., Седых Д. В. Непрерывный мониторинг железнодорожной контактной подвески // Транспорт Российской Федерации. – 2017. – № 3. – С. 20–24.
22. Ефанов Д. В., Осадчий Г. В. Концепция современных систем управления на основе информационных технологий // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – № 5. – С. 20–23.
23. Попов П. А., Королев И. Н., Мыльников П. Д. Основные принципы контроля корректности бортовой системы позиционирования средствами железнодорожной автоматики // Автоматика на транспорте. – 2015. – № 4. – С. 355–366.
24. Шаманов В. И. Системы интервального регулирования движения поездов с цифровыми радиоканалами // Автоматика на транспорте. – 2018. – № 2. – С. 223–240.
25. Ossberger H. Modern Turnout Technology for High Speed. – TER Workshop Vienna. – 2016. – 42 p.
26. Hahanov V. Cyber Physical Computing for IoT-driven Services. – New York, Springer International Publishing AG, 2018. – 279 p.
27. Бакуркин Р. С., Безродный Б. Ф., Коротин А. М. Противодействие компьютерным атакам в сфере железнодорожного транспорта // Вопросы кибербезопасности. – 2016. – № 4. – С. 29–35.
28. Trackgaud Cargo MSR32. Greater Efficiency and Safety in Cargo Transport. – Siemens AG. – 2016. – 22 p. ●

Координаты автора: **Ефанов Д. В.** – TrES-4b@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 02.11.2018, принята к публикации 25.12.2018.



THE FUTURE OF RADIO CONTROLLED SWITCHES WITH AUTONOMOUS POWER SUPPLY

Efanov, Dmitry V., LLC LocoTech-Signal, Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

A promising control method for railways, that takes into account minimization of the number of outdoor technological facilities, use of wireless data transmission technologies, as well as use of renewable energy sources for decentralized switch systems is considered. It is proposed to implement all other commands through the use of cyber-protected radio channel while renouncing

to discrete positioning of mobile units and discrete transmission of data on the speed patterns of train movement. The system of switches with autonomous power and use of a radio channel to manage and control the position of switch blades must be adapted in stages, starting from the local level and basing on availability of portable devices and going to comprehensive centralised control system within the station.

Keywords: railway, traffic control, digitalization, alternative energy sources, radio channel, railway switches.

Background. Development of rail transport throughout the world is keen on creating high-speed competitive transportation, as well as on improvement of operation of infrastructure and of rolling stock, in order to optimize the use of resources. In this regard, attention of the railway community is focused on intellectualization and digitalization of the transport process with the transfer of a significant part of control and diagnostics functions to mobile traction units [1–5].

Objective. The objective of the author is to consider different aspects related to the development of switches, autonomously powered and controlled by radio channels.

Methods. The author uses general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach, scientific description.

Results.

There should be an alternative choice of each step

Digitalization will fully allow to take into account goals and objectives of all participants in rail transportation, optimize the loading of infrastructure facilities, rolling stock and operators (both traffic control centers, stations, and drivers), as well as to pave way to create smart and energy efficient rail transport [6, 7].

Digitalization is only one side of development. The second side is solution of the energy problem. It is a well-known fact that humankind now receives the energy mainly through the use of non-renewable energy sources. Railway transport uses almost exclusively the non-renewable sources. The energy efficiency in the industry is extremely low, the energy loss is high during technological processes, and the efficiency factors (EF) are far from ideal ones (for example, the efficiency of electric traction, which takes into account similar indicators of power plants, devices of external and traction power supply, electric rolling stock, is less than 25 % [8]). In addition, a significant disadvantage of traditional energy sources is caused by harmful emissions and a destructive impact on the environment [9, p. 87].

Many countries pay attention to the global problems of non-renewable energy, the cost of resources, the impact on the environment and the world ecology. This also applies to railway networks. So, for example, the railways of the Netherlands (NS et al.) since 2017 mainly use sources of renewable energy (wind energy), and Denmark aims to finish transition to the use of only renewable energy in the railway complex by the middle of 21st century [10]. The developing countries of the Asian continent, primarily Japan and India, use the energy of the sun, having solar panels on the roofs of the platforms at stations and wind turbines along the railway stations,

including those controlled by the wind load from a moving train [11, p. 1; 12, p. 1; 13, p. 1; 14, p. 25].

Studies on the designated topic are being conducted in the European countries [15, 16]. Some works in the field of generation of alternative energy generation systems are published by engineers and scientists from the post-Soviet countries [17], in particular, they concern the field of train traffic control [18]. The top management of the Russian railways also shows its growing interest in this issue [19].

It should be noted that there are opponents of renewable energy sources, expressing reasoned doubts about their use at this particular stage of development. Academician P. L. Kapitza also spoke out against alternative energy in 1975 [20, pp. 40–41].

Railway transport in Russia, in fact, does not use the possibilities of renewable energy sources. Rare positive examples include perhaps the distributed systems for technical diagnostics and monitoring of complex engineering structures, like a railway contact suspension: in such a system [21, p. 22] solar panels increase the service life of diagnostic devices operating from autonomous power sources. The relatively low cost of electricity production is the main argument against the practice of using renewable energy sources in Russia [10].

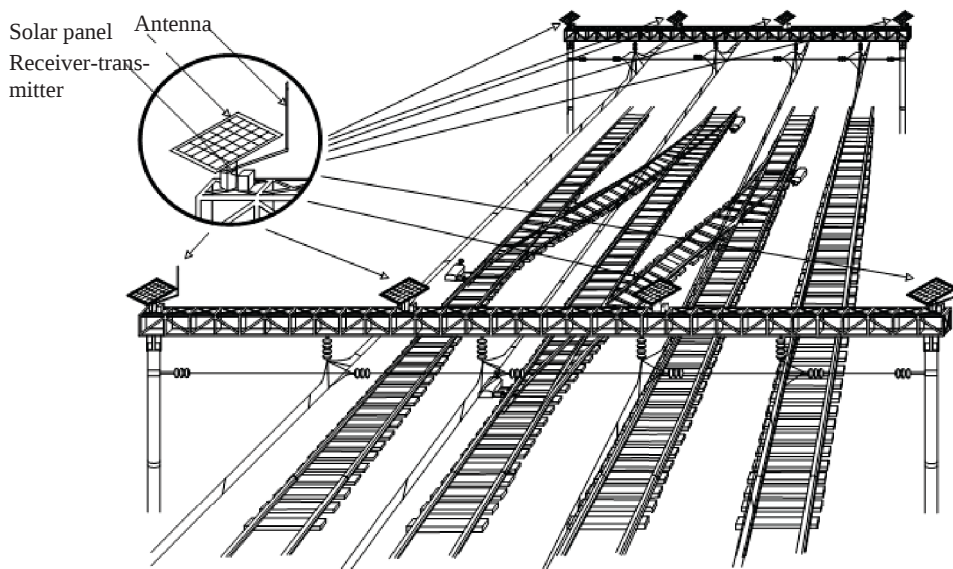
Despite all the difficulties of adapting renewable energy sources to the specifics of railway facilities, the world community is increasingly drawing attention to them as a likely alternative to traditional methods of energy supply in the near future. One of the possibilities of the use of renewable energy is related to train control systems.

Divide and manage

Railway traffic control systems are a combination of stationary means and devices located in close proximity to the roadway and in many cases using it as a data transmission path, as well as portable or on-board control devices for traction units [22, p. 20]. Nevertheless, the world railway community is already actively drawing attention to the need to change the principles of train traffic control.

The main stationary means of positioning of mobile units are track chains (invented in the second half of 19th century), as well as axle counting systems. And the first ones are widely used on the railways of the former Soviet Union. The above mentioned means assume positioning within one section, equipped with a track circuit or limited axis counting system. The prospect of development of positioning sensors for mobile units is gradual elimination of very unreliable track circuits and the use of axle counters; in the longer term, satellite positioning is possible.

Basically, the function of controlling train movement is performed by signaling systems and



Pic. 1. The location of the elements of power supply on the infrastructure of traction facilities.

devices, which include a variety of traffic lights (they were invented at the beginning of 20th century) and sound signal sources. Information to the driver about the speed modes and the number of forthcoming free areas of control of mobile units is transmitted as a light signal. It arrives at the stationary (floor) traffic light of the control area, to which it is allowed or not allowed to enter, as well as at the on-board (locomotive) traffic light. To receive color signal data on a locomotive, sections of railways are equipped with automatic signaling with light code encoding with a special code. This method of positioning of mobile unit serves for regulation of movement within the stationary areas with low grading of speeds.

The possibilities of modern wireless communication allow organizing the so-called «mobile» block sections when the train itself is the central object of movement, and the on-board equipment receives data in real time on all permissible movement parameters of the mobile units that are either in front or behind that train [23, p. 363; 24, p. 227]. The prospect of development of signaling systems is elimination of the traffic light system and the use of direct instructions to the driver about the speed of train operation (up to automation of this function). For all that, the main disadvantage of traffic lights is presence of a deployed and distributed cable network running along the tracks and stations.

Railway switches serve as a tool of implementing various technological processes at stations associated with the need to separate trains, to free the tracks for their movement, etc. They allow the movement of rolling stock on various tracks and change the trajectories of their movement. Among all stationary controls on the rail transport in the future, only switches will be retained, as well as mechanisms for their transfer between their extreme positions.

However, at the present time, all the designated traffic control means are included into the cable network, both control and power supply are predominantly centralized. Traffic control is carried out by means of electrical interlocking systems with

separate or integrated interval control systems on the hauls.

The prospect of preserving only railway switches as means of implementing technological processes leads to the fact that the most urgent task is development of such a control system for switches that will operate with minimal cable consumption while organizing guaranteed safe train passage. In this context, it can be a question of switch-centralization systems with introduction of analogs of routed movement without traffic lights with accurate positioning of mobile units (not within the discrete areas of control).

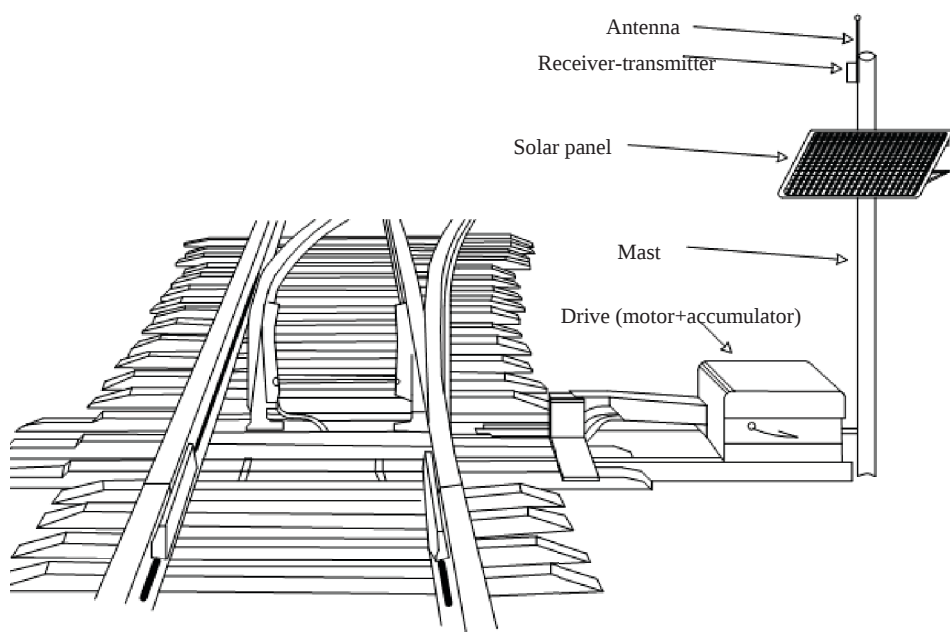
Autonomously powered switch actuators

The main element of the railway switch control system is the switch actuator that moves the switch blade (or other elements of its structure, for example, the switch diamond) from one extreme position to another. All other objects of the floor technological equipment may well be eliminated during the evolution of automation systems [22].

The number of switch control elements is determined based on the technological features of the stations, the presence of flat switches on it, the need for additional actuators, etc. [25, p. 31]. But one switch is usually controlled with a single drive. In addition, the switches can be provided with safety devices (derailing shoe), which are also controlled by separate actuators. Thus, most often at intermediate stations there are up to 30 switches, and at the largest, naturally, there are more – up to 100 and more. Due to the small number of controlled objects, the construction of a system with a developed cable network is economically inexpedient, the same is true for the subsequent operation of such systems. This is especially true for stations where it was decided to transfer the control of switches from manual to automatic mode.

The problem arises to create such a complex of control of railway switches, that would include devices that allow to drive switch blades, located in close proximity to the switch itself. In this case, the switch must have not only the drive, but also the





Pic. 2. The location of elements of construction of the railway switch control system.

means of its power supply, as well as of transfer of information to point of control, and of transfer of information about reaching of the extreme position of the switch. It is clear that power supply sources do not intend to use an extended cable network. This option is already being worked out, for example, on the railways of Sweden for modernization of the manual control of switches.

There are several solutions of the presented problem.

The first is to create a distributed energy generation system and cover the station with renewable energy sources that can be located on roofs and platforms or mounted on structural elements of a railway contact network (Pic. 1). To this end, the elements of supporting network structures are being upgraded to secure energy sources on them. Moreover, it is required to provide energy storage in special accumulative subsystems, in places designated for this purpose along the railway tracks, and there is a need for cable linkage with automatic control devices for railway switches. In this case, it is convenient to transmit all control and monitoring signals by cable to the receiving and transmitting points in close proximity to the antennas of the information transmission organization system. The station itself in such a situation is an information space covered by the industrial Internet of things (IIoT) [26, p. 1], functioning in accordance with all the requirements on cybersecurity [27, p. 29].

Another solution of the task is creation of decentralized control subsystems for each railway switch separately (Pic. 2). Such a subsystem is supplied with an alternative energy source, which is fixed on its mast at a sufficient height to ensure anti-vandal resistance, as well as means of energy storage and data transmission.

This technical solution is convenient for stations with a small (up to 30) number of switches and a relatively small workload.

The complexity of building a railway switch control system is as follows:

1. It is necessary to determine sufficient (taking into account the reserve) power capacity to ensure functional tasks.

2. To save energy, the survey of receiving-transmitting devices should not be carried out continuously, but when the state of the railway switch needs to be changed, or if changes occur in emergency situations (sensors are needed that record these events). At the same time, to ensure safety, monitoring of the current state of control devices is required.

3. Creation of own Internet of things, closed for any access, is required.

4. It is necessary to organize the linking of the central positioning system of mobile units at the station to the railway switch control system through the radio channel.

The indicated problems have not been fully resolved yet, but they are partially solved in the systems of manual local switching of points (for example, in Siemens versions for railway depots) [28, p. 9]. And the stage of transition to a wireless motion control system should take place in stages, with minimization of the floor-standing objects of the railway infrastructure.

Conclusion. The development of technology and equipment in the first quarter of the 21st century suggests the possibility of fundamental changes in the field of control systems in railway transport and the renunciation to the traditional, uninformative control systems with discrete positioning sensors of mobile units, traffic lights and advanced power supply and data transmission networks. Two key trends are of great importance in this issue: «intellectualization and digitalization» and «development of smart energy supply systems». Both directions should be developed in parallel, with the goal of optimizing the costs of implementing technological processes for safe control of train traffic on railways.

REFERENCES

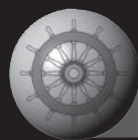
1. Rosenberg, E. N., Batraev, V. V. On the strategy for development of the digital railway [*O strategii razvitiya tsifrovoy zheleznoy dorogi*]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2018, Iss. 1, pp. 9–27.
2. Digital Railway Strategy. Network Rail, April 2018, 42 p.
3. Bauer, T., Benito, D. N. Digital Railway Stations for Increased Throughput and a Better Passenger Experience. *Signal+Draht*, 2018, Issue 7+8, pp. 6–12.
4. Smagin, Yu. S., Efremov, A. Yu. The first digital centralization system in Germany [*Pervaya tsifrovaya sistema tsentralizatsii v Germanii*]. *Zheleznye dorogi mira*, 2018, Iss. 8, pp. 63–67.
5. Stäuble, R., Gschwend, P. Digital Signalling in the Simmental. *Signal+Draht*, 2018, Issue 10, pp. 40–46.
6. Rosenberg, E. N., Umansky, V. I., Dzyuba, Yu. V. Digital economy and digital railway [*Tsifrovaya ekonomika i tsifrovaya zheleznyaya doroga*]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2017, Iss. 5, pp. 45–49.
7. Lyovin, B. A., Tsvetkov, V. Ya. Digital railway: principles and technologies. *World of Transport and Transportation*, Vol. 16, 2018, Iss. 3, pp. 50–61.
8. The efficiency of the locomotive [*Koeffitsient poleznoy deystviya lokomotiva*]. [Electronic resource]: <http://lokomotiv.ru/podvizhnoy-sostav/koeffitsient-poleznoy-deystviya-lokomotiva.html>. Last accessed 29.10.2018.
9. Grachev, V. A., Plyamina, O. V. Ecological safety and ecological efficiency of power [*Ekologicheskaya bezopasnost i ekologicheskaya effektivnost energetiki*]. *Vek globalizatsii*, 2017, Iss. 1, pp. 86–97.
10. Wind power: how Denmark decided to completely switch to renewable energy [*Sila vetra: kak Daniya reshila polnostyu pereiti na vozobnovlyemuyu energiyu*]. [Electronic resource]: <http://www.furfur.me/furfur/changes/217567-denmark>. Last accessed 29.10.2018.
11. Hayashiya, H., Watanabe, Y., Fukasawa, Y., Miyagawa, T., Egami, A., Iwagami, T., Kikuchi, S., Yoshizumi, H. Cost Impacts of High Efficiency Power Supply Technologies in Railway Power Supply – Traction and Station. 15th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE/PEMC), 4–6 September 2012, Novi Sad, Serbia, pp. LS3e.4–1 – LS3e.4–6, DOI: 10.1109/EPEPEMC.2012.6397441.
12. Hayashiya, H., Itagaki, H., Morita, Y., Mitoma, Y., Furukawa, T., Kuraoka, T., Fukasawa, Y., Oikawa, T. Potentials, Peculiarities and Prospects of Solar Power Generation on the Railway Premises. International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA). 11–14 November 2012, Nagasaki, Japan, pp. 1–6, DOI: 10.1109/ICRERA.2012.6477458.
13. Srivastava, A., Singh, A., Joshi, G., Gupta, A. Utilization of Wind Energy from Railways Using Vertical Axis Wind Turbine. International Conference on Energy Economics and Environment (ICEEE). 27–28 March 2015, Noida, India, pp. 1–5, DOI: 10.1109/EnergyEconomics.2015.7235107.
14. Kumar, A., Karandikar, P. B., Chavan, D. S. Generating and Saving Energy by Installing Wind Turbines Along the Railway Tracks. International Conference on Energy Systems and Applications. 30 October–1 November 2015, Pune, India, pp. 25–27, DOI: 10.1109/ICESA.2015.7503307.
15. Pankovits P., Pouget J., Robyns B., Delhaye F., Brisset S. Towards Railway-SmartGrid: Energy Management Optimization for Hybrid Railway Power Substations. IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, Europe. 12–15 October 2014, Istanbul, Turkey, DOI: 10.1109/ISGTEurope.2014.7028816.
16. Aguado, J.A., Sánchez, Racero A. J., de la Torre S. Optimal Operation of Electric Railways with Renewable Energy and Electric Storage Systems. IEEE Transactions on Smart Grid, 2018, Vol. 9, Iss. 2, pp. 993–1001, DOI: 10.1109/TSG.2016.2574200.
17. Goncharov, Yu. P., Sokol, E. I., Zamaruev, V. V. [et al]. System for conversion of energy generated in the railway right of way using solar panels [*Sistema preobrazovaniya energii, generiruemoi v polose otchuzhdeniya zheleznoy dorogi s pomoshyu solnechnykh panelei*]. *Bulletin of Azov State Technical University. Series: Engineering*, 2015, Iss. 30, pp. 98–108.
18. Kushpil, I. V., But, A. N. The use of photovoltaic modules for powering railway automation and remote control devices [*Ispolzovanie fotoelektricheskikh module dlya pitaniya ustroystv zheleznodorozhnoy avtomatiki i telemekhaniki*]. *Avtomatika na transporte*, 2017, Iss. 2, pp. 202–215.
19. The energy of the Sun will serve RZD [*Energiya Solntsa posluzhit RZD*]. [Electronic resource]: <http://www.energovector.com/strategy-energiya-solntsa-posluhit-rjd.html>. Last accessed 29.10.2018.
20. Kapitsa, P. A. Energy and Physics [*Energiya i fizika*]. *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*, 1976, Iss. 1, pp. 34–43.
21. Efanov, D. V., Osadchy, G. V., Sedykh, D. V. Continuous monitoring of the railway contact suspension [*Nepreryvnyy monitoring zheleznodorozhnoy kontaktnoy podveski*]. *Transport Rossiiskoi Federatsii*, 2017, Iss. 3, pp. 20–24.
22. Efanov, D. V., Osadchy, G. V. The concept of modern control systems based on information technologies [*Kontseptsiya sovremennykh sistem upravleniya na osnove informatsionnykh tekhnologii*]. *Avtomatika, svyaz, informatika*, 2018, Iss. 5, pp. 20–23.
23. Popov, P. A., Korolev, I. N., Mylnikov, P. D. Basic principles of control of correctness of the onboard positioning system by means of railway automation [*Osnovnye printsipy kontrolya korrektnosti bortovoi sistemy pozitsionirovaniya sredstvami zheleznodorozhnoy avtomatiki*]. *Avtomatika na transporte*, 2015, Iss. 4, pp. 355–366.
24. Ossberger, H. Modern Turnout Technology for High Speed. TER Workshop Vienna, 2016, 42 p.
25. Shamanov, V. I. Interval traffic control systems with digital radio channels [*Sistemy intervalnogo regulirovaniya dvizheniya poezdov stsifrovymi radiokanalami*]. *Avtomatika na transporte*, 2018, Iss. 2, pp. 223–240.
26. Hahanov, V. Cyber Physical Computing for IoT-driven Services. New York, Springer International Publishing AG, 2018, 279 p.
27. Bakurkin, R. S., Bezrodnyy, B. F., Korotin, A. M. Counteraction to computer attacks in the field of railway transport [*Protivodeistvie kompyuternym atakam v sfere zheleznodorozhnogo transporta*]. *Voprosy kiberneticheskoy bezopasnosti*, 2016, Iss. 4, pp. 29–35.
28. Trackguard Cargo MSR32. Greater Efficiency and Safety in Cargo Transport, Siemens AG, 2016, 22 p. ●

Information about the author:

Efanov, Dmitry V. – D.Sc. (Eng), head of the direction of systems of monitoring and diagnostics of LLC LocoTech-Signal, professor of the department of Automation, remote control and communication of Russian University of Transport, Moscow, Russia, TrES-4b@yandex.ru.

Article received 02.11.2018, accepted 25.12.2018.





О правовых основах эксплуатации малоинтенсивных линий



Сергей ВАКУЛЕНКО
Sergey P. VAKULENKO

Надежда ЕВРЕЕНОВА
Nadezhda Yu. EVREENOVA



Вакуленко Сергей Петрович – кандидат технических наук, профессор, директор Института управления и информационных технологий Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Евреенова Надежда Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры управления транспортным бизнесом и интеллектуальными системами РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

Legal Framework for Low-Density Traffic Railways Operation

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 169)

По ряду значимых причин и соображений высокого порядка малоинтенсивные (малодеятельные) железнодорожные линии сохраняют предназначенные им функции. И их очевидные статусные особенности в меняющейся общественной и рыночной среде нуждаются в периодически обновляемой правовой поддержке, регуляторных поправках, трактовке правовой ответственности исполнителей и органов управления разного уровня. Авторы статьи оценивают сегодняшний контекст возможностей сохранения или отказа от сохранения малоинтенсивных линий в составе ОАО «РЖД».

Ключевые слова: малоинтенсивные (малодеятельные) железнодорожные линии, правовые основы эксплуатации, грузовые и пассажирские перевозки, правовая ответственность.

В ОАО «РЖД» последовательно реализуется план деятельности по сокращению затрат на содержание и эксплуатацию малоинтенсивных железнодорожных линий (МЖЛ) – участков железных дорог, по которым проходит менее восьми пар поездов в сутки с приведённой грузонапряжённостью менее 5,0 млн т • км брутто/км в год. В 2017 году специалистами РУТ (МИИТ) по заказу ОАО «РЖД» разработан «Регламент эксплуатации и обслуживания инфраструктуры на малоинтенсивных железнодорожных участках» [1, с. 11], в котором определены составляющие оптимизационного подхода к функционированию МЖЛ, а именно:

- техническое переоснащение линий и изменение технологии работы, способствующие повышению их эффективности (сокращению затрат и т.д.);
- стимулирование спроса на перевозки за счёт организации новых видов сервиса (в т.ч. туристического);
- передача МЖЛ в аренду или на баланс заинтересованной стороны (перевод в разряд железнодорожных путей необщего пользования), а также использова-

ние других форм государственно-частно-го партнёрства, включая создание аутсорсингового объединения, не входящего в структуру ОАО «РЖД» (в соответствии с утверждённым порядком [2, с. 3]);

- дотирование функционирования из федерального и регионального бюджетов и т.п.;

- закрытие МЖЛ или отдельных её участков (в соответствии с [2, с. 2]).

ОБОСНОВАНИЕ СТАТУСНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Для принятия решения об изменении формы эксплуатации МЖЛ необходимо:

- определить тип МЖЛ (в соответствии с [1, с. 9]);

- проанализировать текущую операционную деятельность;

- определить возможности эффективной работы с сохранением текущего правового статуса;

- сравнить варианты сохранения и отказа от сохранения МЖЛ в составе ОАО «РЖД»;

- сформировать предложения по повышению эффективности функционирования МЖЛ.

Анализ текущей операционной деятельности включает расчёт эксплуатационных расходов, расходов на содержание и эксплуатацию инфраструктуры и расчёт переменных расходов, в том числе связанных с последующим перемещением вагонов за пределами МЖЛ.

Для сохранения МЖЛ в составе ОАО «РЖД» следует рассмотреть возможности привлечения дополнительных объёмов перевозок и сокращения эксплуатационных расходов, технического перевооружения и изменения технологии работы. К этим мерам относят:

- изменение организации труда (совмещение профессий, введение мобильных бригад, изменение режима труда работников);

- изменение организации движения, технологии грузовой и пассажирской работы;

- оптимизация технологии обслуживания объектов инфраструктуры;

- внедрение технических средств, обеспечивающих максимальную эффективность МЖЛ за счёт минимизации

потребности в обслуживающем персонале.

При сравнении финансовых результатов требуется учитывать стратегическое значение МЖЛ для ОАО «РЖД».

МЖЛ, реализующие коммерческую функцию, передаются (продаются) в собственность хозяйствующим субъектам. Убытки от эксплуатации и обслуживания МЖЛ, реализующих социальную функцию, компенсируют соответствующие органы исполнительной власти в соответствии с концепцией структурной реформы федерального железнодорожного транспорта [8, с. 5].

Убытки от эксплуатации и обслуживания МЖЛ, используемых для реализации основных видов деятельности железных дорог, несёт непосредственно ОАО «РЖД».

В отношении МЖЛ, которым не грозит передача в иную собственность или не планируется компенсация убытков владельцем инфраструктуры, принимается решение о дальнейшем её статусе.

Строительство объектов железнодорожной инфраструктуры может быть профинансировано органами местной власти региона, по которому проходит МЖЛ.

ПЕРЕДАЧА В ЧАСТНУЮ СОБСТВЕННОСТЬ ИЛИ АРЕНДУ

Основные требования к железнодорожным путям общего пользования приведены в федеральном законе «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации» [9]. При переводе МЖЛ в разряд железнодорожных путей необщего пользования балансодержатель устанавливается в зависимости от того, кто будет владельцем инфраструктуры.

Порядок предоставления в аренду железнодорожных путей регламентируется приказом ОАО «РЖД» [10].

Перечень объектов имущества ОАО «РЖД», внесённых в его уставный капитал и не подлежащих передаче в аренду, безвозмездное пользование, доверительное управление или залог, определённое постановлением правительства [11].

При создании аутсорсингового объединения по эксплуатации и обслуживанию МЖЛ, не входящего в структуру ОАО



Таблица 1
Матрица ответственности участников процесса эксплуатации МЖЛ при сохранении её в составе ОАО «РЖД»

Подпроцессы		Участники процесса эксплуатации МЖЛ									
		ЦД	ЦФО	ЦТ	ЦДМВ	ЦДИ	Трансэнерго	ЦСС	Пассажиры	Природные перевозчики	
Организация движения	Грузовые перевозки	О	У	У	—	У	—	—	—	—	
	Пассажирские перевозки	У*	—	У	—	У	—	—	О	—	
	Пригородные перевозки	У*	—	—	У	—	—	—	—	О	
		Моторвагонный подвижной состав	У*	—	У	—	—	—	—	—	О
		Локомотивная тяга	У*	—	У	—	—	—	—	—	О
Грузовая и коммерческая работа	Рельсовые автобусы облегчённого типа, в т.ч. на комбинированном ходу	У*	—	У**	У**	—	—	—	—	О	
	Начально-конечные операции	У	О	—	—	—	—	—	—	—	
	Обслуживание в пути следования	О	У	—	—	—	—	—	—	—	
	Текущее содержание и ремонт объектов инфраструктуры	У	У***	И	—	О	—	—	У***	У***	
		Текущее содержание и ремонт железнодорожного пути	У	У***	И	—	О	—	У***	У***	
Текущее содержание и ремонт устройств СЦБ		У	У***	И	—	О	—	У	У***		
Текущее содержание и ремонт устройств связи	У	У***	И	—	У	—	О	У***	У***		
	Текущее содержание и ремонт систем энергоснабжения	У	У***	И	—	У	О	У***	У***		

* Организация и управление перевозочным процессом в пассажирском сообщении.
 ** В соответствии с принадлежностью подвижного состава.
 *** Согласование на случаи ограничений по пропуску поезда.
 Примечания: О – несет ответственность; У – участвует; И – получает информацию.

«РЖД», его деятельность предусматривает формирование саморегулируемой организации, зарегистрированной в государственном реестре и входящей в состав ассоциации «Промжелдортранс».

В рамках аутсорсингового объединения по эксплуатации и обслуживанию МЖЛ можно осуществлять регулирование вопросов, связанных с начально-конечными операциями перевозочного процесса (подача и уборка вагонов, маневровая работа, погрузка и выгрузка).

Эффективность от использования аутсорсингового объединения по эксплуатации и обслуживанию МЖЛ определяется по методике расчёта экономической эффективности аутсорсинга в ОАО «РЖД» [12].

ПОРЯДОК ЗАКРЫТИЯ МЖЛ

Процедура закрытия МЖЛ направлена на оптимизацию расходов железнодорожной инфраструктуры или повышение эффективности использования земельных участков.

Закрытие железнодорожных путей общего пользования, в том числе МЖЛ, должно осуществляться на основании решения уполномоченного федерального органа исполнительной власти в установленном порядке [2].

Со дня внесения предложения о закрытии станций МЖЛ для выполнения всех или некоторых операций, связанных с приёмом и отправлением поездов, приёмом, выдачей, погрузкой, выгрузкой, сортировкой, хранением грузов (в том числе в контейнерах), багажа и грузобагажа, решение должно быть принято в течение трёх месяцев.

Уполномоченным на осуществление административных процедур, связанных с предоставлением государственной услуги по закрытию железнодорожных линий и станций, является структурное подразделение Минтранса России — департамент государственной политики в области железнодорожного транспорта [5].

В настоящее время министерство транспорта РФ подготовило поправки в административный регламент Минтранса [5, с. 4], в соответствии с которыми вся процедура закрытия МЖЛ должна упроститься, так как решение о закрытии

смогут принимать непосредственно подразделения ОАО «РЖД».

В соответствии с требованиями документа [5] сейчас решение о закрытии МЖЛ принимает Федеральное агентство железнодорожного транспорта (Росжелдор), и оно требует согласования с Федеральной антимонопольной службой (ФАС), а после введения поправок заключение уполномоченных органов будет направляться в ФАС в уведомительном порядке.

Ликвидация МЖЛ должна проходить по согласованию с органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, по территории которых линии проходят [8, с. 7].

Решения об открытии или закрытии МЖЛ, об открытии или закрытии станций для выполнения всех или некоторых операций, связанных с приёмом и отправлением поездов, приёмом, выдачей, погрузкой, выгрузкой, сортировкой, хранением грузов (в том числе в контейнерах), багажа и грузобагажа, публикуются в соответствующем тарифном руководстве и сборнике правил перевозок железнодорожным транспортом.

Порядок выведения из эксплуатации объектов путевого хозяйства на МЖЛ (консервация), а также расконсервации при необходимости их задействования в производственном процессе устанавливает инструкция о переводе на консервацию и проведении расконсервации объектов путевого хозяйства [13].

При консервации устройств и сооружений с интегрированным движением должна обеспечиваться возможность оперативной расконсервации инфраструктуры для возможного увеличения размеров движения при планировании перерывов в движении на магистральных линиях.

При переводе МЖЛ в статус железнодорожных путей необщего пользования их владелец утверждает контактные графики движения поездов в установленном порядке.

МАТРИЦА ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Ответственность, права и обязанности участников процесса эксплуатации МЖЛ предусматриваются в соответствии с тре-



бованиями Устава железнодорожного транспорта [14] и другими действующими нормативно-правовыми актами.

Матрица ответственности участников процесса эксплуатации МЖЛ при сохранении её в составе ОАО «РЖД» представлена в таблице 1.

Техническое переоснащение и/или изменение технологии работы малоинтенсивных линий с сохранением их в составе ОАО «РЖД» и сохранение МЖЛ в составе ОАО «РЖД» для собственных или государственных нужд не предусматривают изменения статуса линии относительно существующего положения. Участниками процесса эксплуатации МЖЛ остаются ОАО «РЖД» и перевозчики.

Передача МЖЛ на баланс органа федеральной, региональной или муниципальной власти предусматривает в качестве балансодержателя и эксплуатанта линии правительство РФ (в т.ч. органы публичной власти).

Цель перевода объекта в данное состояние — сохранение использования МЖЛ в связи с её значимостью для ОАО «РЖД», крупных государственных объектов и обеспечения жизнедеятельности удалённых населённых пунктов, несмотря на убыточность.

Передача МЖЛ в частную собственность предусматривает продажу (или безвозмездную передачу) объектов инфраструктуры МЖЛ на баланс коммерческой организации, которая становится владельцем инфраструктуры.

Взаимоотношения нового владельца инфраструктуры и перевозчика в грузовом и пассажирском движении регулируются постановлением правительства РФ [15].

Консервация МЖЛ предусматривает сохранение объектов инфраструктуры консервируемой МЖЛ на балансе ОАО «РЖД» и прекращение грузовой и пассажирской работы.

Ликвидация МЖЛ предполагает демонтаж и реализацию объектов её инфраструктуры силами ОАО «РЖД».

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение ОАО «РЖД» от 17.05.2017 № 944р «Об утверждении Регламента эксплуатации и обслуживании инфраструктуры на малоинтенсивных железнодорожных участках».
2. Приказ Минтранса Российской Федерации от 22.12.2011 № 327 «Об утверждении Порядка закрытия железнодорожных путей общего пользования, в том числе малоинтенсивных линий и участков». Зарегистрировано в Минюсте РФ 21.03.2012 г. № 23558.
3. Вакуленко С. П., Колин А. В., Евреенова Н. Ю. Малодеятельные линии: состояние и варианты оптимизации // Мир транспорта. — 2017. — № 3. — С. 174–180.
4. Вакуленко С. П., Колин А. В., Евреенова Н. Ю. Направления оптимизации работы малоинтенсивных железнодорожных линий // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. — 2017. — № 4. — С. 89–95.
5. Приказ Минтранса Российской Федерации от 05.05.2012 № 130 «Об утверждении административного регламента Министерства транспорта Российской Федерации предоставления государственной услуги по принятию решения о закрытии железнодорожных путей общего пользования, в том числе малоинтенсивных линий и участков». Зарегистрировано в Минюсте РФ 19 июля 2012 г. № 24947.
6. Вакуленко С. П., Колин А. В., Евреенова Н. Ю., Роменский Д. Ю. Проблемы и перспективы малоинтенсивных линий // Автоматика, связь, информатика. — 2017. — № 6. — С. 7–10.
7. Вакуленко С. П., Колин А. В., Евреенова Н. Ю., Роменский Д. Ю., Голиков К. В. Эффективность эксплуатации и обслуживания малоинтенсивных железнодорожных линий: Монография. — М.: ВИНТИ РАН, 2018. — 218 с.
8. Постановление правительства РФ от 15 мая 1998 г. № 448 «О Концепции структурной реформы федерального железнодорожного транспорта» // Российская газета. — 21 мая 1998.
9. Федеральный закон от 10.01.2003 г. № 17-ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации».
10. Приказ ОАО «РЖД» от 04 сентября 2013 г. № 80 «О порядке продажи и предоставления в аренду железнодорожных путей ОАО «РЖД».
11. Постановление правительства РФ от 06.02.2004 г. № 57 «Об ограниченных в обороте объектах имущества открытого акционерного общества «Российские железные дороги».
12. Распоряжение ОАО «РЖД» от 04.09.2013 г. № 1899р «О принятии решения о прекращении выполнения отдельных видов работ (операций) с использованием трудовых ресурсов и средств труда ОАО «РЖД».
13. Распоряжение ОАО «РЖД» от 16.08.2006 г. № 1707р «Об утверждении Инструкции о переводе на консервацию и проведении расконсервации объектов путевого хозяйства» (в ред. распоряжения ОАО «РЖД» от 11.03.2013 г. № 601р).
14. Федеральный закон от 10.01.2003 г. № 18-ФЗ «Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации».
15. Постановление правительства РФ от 20 ноября 2003 г. № 703 «Об утверждении Правил оказания услуг по использованию инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования» (в ред. постановления правительства РФ от 14.12.2006 г. № 767).

Координаты авторов: **Вакуленко С. П.** – k-gdsu@mail.ru, **Евреенова Н. Ю.** – nevreanova@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 06.12.2018, принята к публикации 28.12.2018.

LEGAL FRAMEWORK FOR LOW-DENSITY TRAFFIC RAILWAYS OPERATION

Vakulenko, Sergey P., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Evreenova, Nadezhda Yu., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

For a number of significant reasons and considerations, low-density (low-density traffic, low-intensity) railway lines retain their intended functions. There are problems of efficient operation of low-density railway lines (LDRL) both in Europe and in Russia. The effectiveness of the use of LDRL is one of the priorities facing the transport industry. And their features in a changing social and market environment require regular updating of legal framework, regulatory amendments,

interpretation of legal responsibility of operating companies and authorities at various levels. The authors of the article assess the current context of the possibilities of preserving or refusal to maintain low-density railway lines in the structure of JSC Russian Railways. At the same time, optimization of operation of these lines through the transfer of LDRL to private ownership, leasing, and closure of LDRL is considered. An algorithm for decision-making on operation change of LDRL is given.

Keywords: low-density railway lines, operation legal framework, freight and passenger transportation, legal responsibility.

Background. JSC Russian Railways implements an approved plan of activities to reduce the cost of maintaining and operating low-density (low-density traffic, low-intensity railways) railway lines (LDRL). LDRL are considered as sections of railways on which less than eight train pairs per day with a reduced cargo density of less than 5,0 million ton·km gross/km per year pass. In 2017, specialists of Russian University of Transport (RUT), at the request of JSC Russian Railways, developed the «Rules for operation and maintenance of infrastructure at low-intensity railway sections» [1, p. 11], which defines the components of an optimization approach to functioning of LDRL, namely:

- technical re-equipment of lines and changes in operation technology, contributing to an increase in their efficiency (cost reduction, etc.);
- stimulation of demand for transportation through organization of new types of services (including tourist services);
- renting of a LDRL or its transfer to the balance of an interested party (transfer to the category of non-public railway tracks), as well as the use of other forms of private-public partnership, including creation of an outsourcing association that is not part of the structure of JSC Russian Railways (in accordance with the approved Procedure [2, p. 3]);
- subsidizing the functioning from the federal and regional budgets, etc.;
- closing of LDRL or its individual sections (in accordance with [2, p. 2]).

Objective. The objective of the authors is to consider legal aspects of operation of low-density railway lines in Russia.

Methods. The authors use general economic and legal methods, comparative analysis, evaluation approach, scientific description.

Results.

Justification of changes of a legal form

To make a decision on changing the form of operation of LDRL, it is necessary to:

- to determine the type of LDRL (in accordance with [1, p. 9]);
- to analyze current operations;
- to identify opportunities for effective work while maintaining the current legal status;
- to compare options for preserving and avoiding preserving LDRL as part of JSC Russian Railways;
- to formulate proposals for improving the functioning of LDRL.

The analysis of current operating activities includes calculation of operating costs, expenses for maintenance and operation of the infrastructure and calculation of variable costs, including those associated with the subsequent movement of cars outside LDRL.

In order to maintain LDRL as part of JSC Russian Railways, it is necessary to consider the possibility of attracting additional traffic volumes and reducing operating costs, proceeding with technical re-equipment and changes in work technology. These measures include:

- change in organization of work (combination of professions (several job functions to be performed by a single employee), introduction of mobile teams, change in the mode of labor of workers);
- change of traffic organization, technology of freight and passenger work;
- optimization of infrastructure facilities maintenance;
- introduction of technical means to ensure maximum efficiency of LDRL by minimizing the need for maintenance personnel.

When comparing financial results, it is necessary to take into account the strategic value of LDRL for JSC Russian Railways.

LDRL, realizing commercial function, are transferred (sold) to the new owners which are business companies. Losses from operation and maintenance of LDRL implementing social functions are compensated by the relevant executive authorities in accordance with the Concept of the Structural Reform of the Federal Railway Transport [8, p. 5].

Losses from operation and maintenance of LDRL used to implement the main activities of the railways are borne directly by JSC Russian Railways.

In respect of LDRL, which are not threatened with transfer to another owner, or regarding which it is not planned to compensate for losses incurred by the owner of the infrastructure, a decision is made on its further status.

The construction of railway infrastructure facilities can be financed by the local authorities of the region through which LDRL passes.

Transfer to private ownership or renting

The basic requirements for railway tracks of public use are stipulated in the federal law «On Railway Transport in the Russian Federation» [9]. When transferring LDRL into the category of non-public railway tracks, the balance holder is set depending on who will be the owner of the infrastructure.

The procedure for leasing railway tracks is regulated by the order of JSC Russian Railways [10].

The list of objects of property of JSC Russian Railways, consolidated in its share capital and which are not subject to lease, free use, trust management or pledge, is determined by government decree [11].

When setting up an outsourcing association for operation and maintenance of LDRL, which is not part of JSC Russian Railways structure, its activities include establishment of a self-regulatory organization registered in the state register and part of «Promzheldortrans» [Industrial railway transport] association.



Table 1

**Matrix of responsibility of participants in operation of LDRL
while keeping it within JSC Russian Railways**

Sub-processes			Participants in operation of LDRL							
			CD	CFTO	CT	CDMV	CDI	Transenergo	CSS	Passenger carriers
Traffic organization	Freight transportation		R	P	P	—	P	—	—	—
	Passenger transportation		P*	—	P	—	P	—	—	R
	Suburban transportation	Motor rolling stock	P*	—	—	P	—	—	—	R
		Locomotive traction	P*	—	P	—	—	—	—	R
		Light rail buses, incl. RRV	P*	—	P**	P**	—	—	—	R
Freight and commercial operations	Initial-final operations		P	R	—	—	—	—	—	—
	Service en route		R	P	—	—	—	—	—	—
Current maintenance and repair of infrastructure facilities	Current maintenance and repair of infrastructure facilities when creating an infrastructure section		P	P***	I	—	R	—	—	P***
	Current maintenance and repair of railway tracks		P	P***	I	—	R	—	—	P***
	Maintenance and repair of signaling systems		P	P***	I	—	R	—	P	P***
	Current maintenance and repair of communication devices		P	P***	I	—	P	—	R	P***
	Current maintenance and repair of power supply systems		P	P***	I	—	P	R	—	P***

* Organization and management of transportation process in passenger traffic. ** In accordance with ownership regarding rolling stock. *** Coordination for cases of restrictions on train passage. Notes: R — is responsible; P — participates; I — receives information. JSC Russian Railways departments: CD — traffic control, CFTO — branded transport services, CT — traction, CDMV — motorised wagons, CDI — infrastructure, CSS — communication.

Once an LDRL is managed by the outsourcing association for operation and maintenance of LDRL, it is possible to regulate issues related to the initial and final operations of the transportation process (carriage and cleaning of cars, shunting work, loading and unloading).

The effectiveness of the use of an outsourcing association for operation and maintenance of LDRL is determined by the method of calculating the economic efficiency of outsourcing at JSC Russian Railways [12].

The procedure for closing LDRL

The procedure for closing LDRL is aimed at optimizing the costs of railway infrastructure or increasing the efficiency of land use.

The closure of public railway track, including LDRL, should be carried out on the basis of a decision of the authorized federal executive body in the prescribed manner [2].

From the date of the proposal to close the stations of LDRL to perform all or some operations related to reception and departure of trains, reception, delivery, loading, unloading, sorting, storage of goods (including in containers), baggage and cargo, the decision should be made in three months.

The authorized representative for implementation of administrative procedures related to provision of public services for closure of railway lines and stations, is a structural unit of the Ministry of Transport of Russia — the department of state policy in the field of railway transport [5].

Currently, the Ministry of Transport of the Russian Federation has prepared amendments to the administrative regulations of the Ministry of Transport [5, p. 4], according to which the whole procedure for closing LDRL should be simplified, since the decision to close can be made directly by the divisions of JSC Russian Railways.

In accordance with the requirements of the document [5], the Federal Agency for Railway Transport (Roszheldor) decides on closure of LDRL and requires coordination with the Federal Antimonopoly Service (FAS), and after introduction of amendments, the conclusion of the

authorized bodies will be sent to the FAS within a simple notification procedure.

The liquidation of LDRL must take place in coordination with the executive authorities of the constituent entities of the Russian Federation through which the lines pass [8, p. 7].

Decisions on opening or closing of LDRL, on the opening or closing of stations to perform all or some of the operations associated with reception and departure of trains, reception, delivery, loading, unloading, sorting, storage of cargo (including in containers), baggage and cargo luggage, are published in the relevant tariff guide and a collection of rules on transportation by railways.

The procedures of decommissioning of the LDRL track facilities (preservation), as well as re-activation, if necessary, followed by their re-involvement in the production process, are stipulated in the Instruction on transfer to conservation and re-activation of track facilities [13].

In case of preservation of devices and structures involved in integrated traffic, it should be possible to quickly reopen the infrastructure for a possible increase in the size of traffic when planning breaks in traffic on main lines.

When transferring LDRLs into non-public railways, their owner should follow approved procedures to obtain an agreement on schedules of traffic, that involves adjacent railway sections.

Responsibility matrix

Responsibilities, rights and obligations of participants in the process of operation of LDRL are provided for in accordance with the requirements of the Charter of Railway Transport [14] and other applicable regulatory and legal acts.

The matrix of responsibility of participants in operation of LDRL, while maintaining it as part of JSC Russian Railways, is presented in Table 1.

Technical re-equipment and/or changes in the technology of operation of low-intensity lines while retaining it as part of JSC Russian Railways and preserving LDRL as part of JSC Russian Railways for own or public needs do not imply a change in the status of the line relative to the existing

situation. JSC Russian Railways and carriers remain participants in operation of LDRL.

The transfer of LDRL to the balance of federal, regional or municipal authorities envisages the government of the Russian Federation (including public authorities) as the balance holder and operator of the line.

The purpose of transferring an object to that status is to maintain the operation of the LDRL because of its significance for JSC Russian Railways, for public facilities or for providing vital services for remote communities, despite loss-making.

Conclusion. The transfer of LDRL to private property provides for sale (or royalty-free transfer) of LDRL infrastructure objects to the balance sheet of a commercial organization that becomes the owner of the infrastructure.

The relationship between the new owner of the infrastructure and the carrier in the freight and passenger traffic is regulated by a decree of the Russian government [15].

The preservation of an LDRL provides for maintenance of the preserved LDRL on the balance sheet of JSC Russian Railways and termination of cargo and passenger work.

The liquidation of LDRL involves dismantling and sale of its infrastructure facilities by JSC Russian Railways.

REFERENCES

1. Order of JSC Russian Railways of 17.05.2017 No. 944r «On approval of the Regulations for operation and maintenance of infrastructure at low-intensity railway sections» [*Rasporyazhenie OAO «RZD» ot 17.05.2017 № 944r «Ob utverzhenii Reglamenta ekspluatatsii i obsluzhivaniya infrastruktury na malointensivnykh zheleznodorozhnykh uchastkakh»*].
2. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 22.12.2011 No. 327 «On approval of the Procedure for closing public railway tracks, including low-intensity lines and sections». Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on 21.03.2012, No. 23558 [*Prikaz Mintransa Rossiiskoi Federatsii ot 22.12.2011 № 327 «Ob utverzhenii Poryadka zakrytiya zheleznodorozhnykh putei obshchego polzovaniya, v tom chisel malointensivnykh linii i uchastkov»*. Zaregistrirvano v Minyuste RF 21.03.2012 № 32558].
3. Vakulenko, S. P., Kolin, A. V., Evreenova, N. Yu. Low-density lines: state and optimization options. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 3, pp. 174–180.
4. Vakulenko, S. P., Kolin, A. V., Evreenova, N. Yu. Directions for optimizing the operation of low-intensity railway lines [*Napravleniya optimizatsii raboty malointensivnykh zheleznodorozhnykh linii*]. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putei soobshcheniya*, 2017, Iss. 4, pp. 89–95.
5. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 05.05.2012 No. 130 «On approval of the administrative regulations of the Ministry of Transport of the Russian Federation for provision of state services for making decisions on closing public railways, including low-intensity lines and sections». Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation on 19.07.2012 No. 24947 [*Prikaz Mintransa Rossiiskoi Federatsii ot 05.05.2012 № 130 «Ob utverzhenii administrativnogo reglamenta Ministerstva transporta Rossiiskoi Federatsii predostavleniya gosudarstvennoi uslugi po prinyatiyu resheniya o zakrytii zheleznodorozhnykh putei obshchego polzovaniya, v tom chisel malointensivnykh linii i uchastkov»*. Zaregistrirvano v Minyuste RF ot 19.07.2012 № 24947].
6. Vakulenko, S. P., Kolin, A. V., Evreenova, N. Yu., Romensky, D. Yu. Problems and prospects of low-intensity lines [*Problemy i perspektivy malointensivnykh linii*]. *Avtomatika, svyaz, informatika*, 2017, Iss. 6, pp. 7–10.
7. Vakulenko, S. P., Kolin, A. V., Evreenova, N. Yu., Romensky, D. Yu., Golikov, K. V. Efficiency of operation and maintenance of low-intensity railway lines: Monograph [*Effektivnost ekspluatatsii i obsluzhivaniya malointensivnykh zheleznodorozhnykh linii: Monograph*]. Moscow, VINITI RAS, 2018, 218 p.
8. Government Decree of May 15, 1998 No. 448 «On the Concept of the Structural Reform of Federal Railway Transport» [*Postanovlenie pravitelstva RF ot 15 maya 1998 g. № 448 «O kontseptsii strukturnoi reform federalnogo zheleznodorozhnogo transporta»*]. *Rossiyskaya gazeta*, May 21, 1998.
9. Federal Law of 10.01.2003 No. 17-FZ «On Railway Transport in the Russian Federation» [*Federalnyi zakon ot 10.01.2003 № 17-FZ «O zheleznodorozhnom transporte v Rossiiskoi Federatsii»*].
10. Order of JSC Russian Railways of 04.09.2013 No. 80 «On the procedure for sale and renting of railway tracks of JSC Russian Railways» [*Prikaz OAO «RZD» ot 04 sentyabrya 2013 № 80 «O poryadke prodazhi i predostavleniya v arendu zheleznodorozhnykh putei OAO «RZD»*].
11. Decree of the Government of the Russian Federation of 06.02.2004 No. 57 «On property of JSC Russian Railways, limited for circulation» [*Postanovlenie pravitelstva RF ot 06.02.2004 № 57 «Ob ogranichennykh v oborote ob'ektakh imushchestva otkrytogo aktsionernogo obshchestva «Rossiiskie zheleznie dorogi»*].
12. Order of JSC Russian Railways of 04.09.2013 No. 1899r «On making a decision to terminate performance of certain types of work (operations) using labor resources and labor tools of JSC Russian Railways» [*Rasporyazhenie OAO «RZD» ot 04.09.2013 № 1899r «O prinyatii resheniya o prekrashchenii vypolneniya otdelnykh vidov rabot (operatsii) s ispolzovaniem trudovykh resursov i sredstv truda OAO «RZD»*].
13. Order of JSC Russian Railways of 16.08.2006 No. 1707r «On approval of the Instruction on transfer to preservation and re-activation of track facilities» (as amended by the Order of JSC Russian Railways of 11.03.2013 No. 601r) [*Rasporyazhenie OAO «RZD» ot 16.08.2006 № 1707r «Ob utverzhenii Instruksii o perevode na konservatsiyu i provedenii raskonservatsii ob'ektov putevogo khozyaistva» (v red. rasporyazheniya OAO «RZD» ot 11.03.2013 g. № 601r)*].
14. Federal Law of 10.01.2003 No. 18-FZ «Charter of Railway Transport of the Russian Federation» [*Federalnyi zakon ot 10.01.2003 № 18-FZ «Ustav zheleznodorozhnogo transporta Rossiiskoi Federatsii»*].
15. Decree of the Government of the Russian Federation of 20.11.2003 No. 703 «On Approval of the Rules for Provision of Services for the Use of the Infrastructure of Railway Transport of Common Use» (as amended by the Decree of the Government of the Russian Federation of 14.12.2006 No. 767) [*Postanovlenie pravitelstva RF ot 20 noyabrya 2003 g. № 703 «Ob utverzhenii Pravil okazaniya uslug po ispolzovaniyu infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta obshchego polzovaniya» (v red. postanovleniya pravitelstva RF ot 14.12.2006 № 767)*].

Information about the authors:

Vakulenko, Sergey P. – Ph.D. (Eng), professor, director of the Institute of Management and Information Technologies of Russian University of Transport, Moscow, Russia, k-gdsu@mail.ru.

Evreenova, Nadezhda Yu. – Ph.D. (Eng), associate professor at the department of Management of transport business and intelligent systems of Russian University of Transport, Moscow, Russia, nevreenova@mail.ru.

Article received 06.12.2018, accepted 28.12.2018.





ОАО «РЖД»: ДВУКРАТНЫЙ РОСТ ПЕРЕВОЗОК МАЛОМОБИЛЬНЫХ ПассаЖИРОВ ПОЕЗДАМИ ДАЛЬНОГО СЛЕДОВАНИЯ

В 2018 году поездами дальнего следования холдинга «РЖД» воспользовались 163,7 тыс. пассажиров с ограниченными возможностями здоровья. Это на 96 % больше, чем в 2017 году (тогда услугами холдинга воспользовались 83,5 тыс. пассажиров с ограниченными возможностями).

Холдинг «РЖД» ежегодно работает над улучшением условий и повышением доступности поездок для пассажиров с ограниченными физическими возможностями. В поездах создаются комфортные условия, ежегодно увеличивается количество вагонов со специализированным купе за счёт приобретения новых и проведения модернизации эксплуатируемых вагонов. Конструкцией специализированных вагонов предусмотрены подъёмные посадочные устройства, увеличенная ширина дверей вагона, а также тамбурной зоны и коридора, что позволяет пассажиру передвигаться на кресле-коляске.

В настоящее время на сети железных дорог России эксплуатируется 719 штабных вагонов,

оборудованных купе для пассажиров с ограниченными возможностями. В 2018 году АО «ФПК» приобрело 28 таких вагонов, и ещё 43 вагона будут дооборудованы специальным купе во время капитального ремонта.

Если в составе пассажирского поезда дальнего следования отсутствует вагон с купе для лиц с ограниченными физическими возможностями, он может быть включён в него по заявке пассажира, поданной через Центр содействия мобильности ОАО «РЖД» или билетную кассу. В 2018 году было обеспечено выполнение 597 таких заявок, на 24 % больше, чем годом ранее.

Пассажиры с ограниченными возможностями могут также забронировать специальные места на поезда одновременно с приобретением электронных билетов через Интернет. Билеты могут оформить инвалиды-колясочники и сопровождающие лица, зарегистрированные в Центре содействия мобильности ОАО «РЖД».

Информация ОАО «РЖД» ●

RUSSIAN RAILWAYS: TWICE AS MANY LOW-MOBILITY PASSENGERS TRAVEL BY LONG-DISTANCE TRAIN

In 2018, 163,700 passengers with disabilities travelled on long-distance trains operated by the Russian Railways' holding company, 96 % more than in 2017, when the services were used by 83,500 people with limited mobility.

The Russian Railways' holding company works every year to improve conditions and increase the availability and accessibility of travel for passengers with disabilities. Comfortable conditions are created on board the trains and the number of carriages with a specialised compartment for people with low mobility is increased annually through acquisition of new cars and the modernisation of carriages already in operation. These specialised carriages provide lifting gear, extra-wide carriage doors, vestibule doors and aisle to allow low-mobility passengers to move around the train in their wheelchairs.

At present, 719 carriages equipped with compartments for passengers with disabilities are in

service on Russian railway network. In 2018, the Federal Passenger Company acquired 28 such cars and another 43 staff cars were equipped with a special compartment during overhauls.

If a long-distance passenger train has no carriage with a compartment for people with disabilities, one may be included at the request of the passenger by submitting an application through the Russian Railways' Mobility Assistance Centre or a ticket office. In 2018, 597 requests were processed for the inclusion of such specialised carriages in the train, 24 % more than a year earlier.

Passengers with limited mobility can also book special places on trains together with their electronic tickets remotely over the Internet. Tickets may be booked by wheelchair users and accompanying persons who are registered at the Russian Railways' Mobility Assistance Centre.

JSC Russian Railways information ●



РАЗВИТИЕ КАРШЕРИНГА В МОСКВЕ

Около 2,7 млн поездок совершили москвичи и гости столицы на автомобилях каршеринга в январе 2019 года. Это почти в четыре раза больше, чем за аналогичный период прошлого года — тогда машинами, предназначенными для краткосрочной аренды, воспользовались 700 тысяч раз.

«Популярность сервиса растёт благодаря увеличению количества автомобилей, гибким тарифам и новым сервисам для клиентов. Сегодня горожанам доступно почти 17 тысяч машин для аренды, а к концу года число автомобилей составит не менее 20 тысяч», — рассказал заместитель мэра Москвы, руководитель департамента транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Максим Ликсутов.

Проект «Московский каршеринг» запустили в начале осени 2015-го.

Стоимость аренды зависит от выбранной компании, но в среднем составляет от



шести до 10 рублей в минуту. Пользователи могут бесплатно оставлять автомобили на городских платных парковках. В столице работают 14 компаний краткосрочной аренды автомобилей.

Информация с официального сайта
мэра Москвы: <https://www.mos.ru/news/item/50633073> ●

DEVELOPMENT OF CAR SHARING IN MOSCOW CITY

People in Moscow used car sharing services some 2,7 million times in January 2019 alone. This is nearly four times more than in January last year, when the vehicles of car sharing services were used only 700,000 times.

«The popularity of car sharing is growing thanks to an increase in the number of cars to share, flexible rates and new services. People can share nearly 17,000 cars now, and the pool will further increase to some 20,000 by the end of this year», Deputy Mayor and Head of the Department for Transport and Road Infrastructure Development Maxim Liksutov said.

Car sharing in Moscow is a by-the-minute car rental system mostly used for short trips around the city. The Moscow Car Sharing project was launched in early autumn 2015.

Operators charge between 6 and 10 roubles per minute, though overall prices

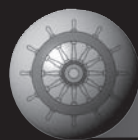
vary depending on the company. Shared cars get free parking. There are 14 car sharing companies in Moscow.

Those who want to rent a car should first of all register on an operator's website. After that, passport, driving licence and bank card or mobile app details should be provided and a contract should be signed.

Payment is automatically deducted from the card linked to the user account, which the client uses to rent a car. The user will have time to reach the area where the car is parked and use the mobile app to unlock it. The documents will be inside, and the key already in the ignition. It is always advisable to thoroughly inspect the car before driving off just in case there's something not quite right with the vehicle.

Information retrieved from Moscow
Mayor official website: <https://www.mos.ru/en/news/item/50633073> ●





Перспективы городского надземного метрополитена



Владимир ФРИДКИН
Vladimir M. FRIDKIN

Юлия ХАРЛАМОВА
Yulia A. KHARLAMOVA



Сергей ШУМСКИЙ
Sergey P. SHUMSKY

Фридкин Владимир Михайлович — доктор технических наук, профессор кафедры мостов и тоннелей Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.
Харламова Юлия Александровна — доктор политических наук, профессор РУТ (МИИТ), Москва, Россия.
Шумский Сергей Петрович — кандидат технических наук, доцент РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

Perspectives of Urban Elevated Metro

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 177)

В представленной статье даётся анализ наиболее эффективных технических решений по созданию надземного метрополитена в крупнейших городах Российской Федерации. Предлагается при сооружении линий метро такого типа использование быстровозводимых перегонных надземных тоннелей в замкнутых цилиндрических оболочках из сборного железобетона и сталежелезобетона. Подчёркивается важность проблемы выноса инфраструктуры скоростного рельсового транспорта из зоны контакта с автодорогами ввиду роста автомобилизации в городах современной России.

Ключевые слова: надземный метрополитен, сборный железобетон, перегонный тоннель, замкнутая цилиндрическая оболочка, техногенный фактор, мегаполисы.

Реализация наиболее эффективных технических решений по созданию надземного метрополитена в крупнейших городах Российской Федерации, прежде всего в мегаполисах Москва и Санкт-Петербург — одно из перспективных направлений развития городского пассажирского транспорта. Принципиальный переход от подземной прокладки новых и при удлинении протяжённости существующих линий метрополитена к их надземному возведению может дать положительный социальный, технический и экономический эффект.

Мировая общественность озабочена темпами роста автомобилизации и связанными с этим процессом транспортными и экологическими проблемами, особенно для крупных мегаполисов. В сложившихся обстоятельствах приоритетным становится применение таких экологически более благоприятных видов рельсового транспорта [1-4], как железная дорога и метро.

Не секрет, что для наиболее эффективного освоения и расширения территории застройки крупных городов, включая и развитие близлежащих пригородов, и в целях улучшения транспортной доступности, повышения мобильности населения особое предпочтение отдаётся строительству линий метрополитена. Вариант про-

кладки линий метро либо подземным (мелкого или глубокого заложения станций), надземным, либо наземным способом зависит от многих факторов. У каждого из возможных вариантов имеются свои преимущества и недостатки (ограничения). Например, в Санкт-Петербурге геологическая структура приповерхностных геомассивов с крайне низкой несущей способностью не допускает прокладку перегонных тоннелей и сооружения станций мелкого заложения. Поэтому пассажиры метро в «северной столице» тратят сейчас больше времени на эскалаторный спуск и подъём (ввиду глубокого заложения станций), чем непосредственно на сам проезд по нужному им маршруту.

Вместе с тем имеющиеся линии наземного метрополитена — это линии открытого типа, которые работают в неблагоприятных метеорологических условиях — под воздействием атмосферных осадков, солнечного излучения и большого нагрева верхнего строения пути в летний период, при весьма низких температурах наружного воздуха в зимнее время (до -40°C и ниже) и наличии гололёда. Наземные открытые линии создают также шум при движении поездов, болезненно воспринимаемый жителями в зоне ближайших к метрополитену кварталов городской застройки.

На этом фоне представляет интерес использование технических решений, в основе которых сооружение быстровозводимых перегонных надземных тоннелей метро в замкнутых цилиндрических оболочках из сборного железобетона и сталежелезобетона. На криволинейных в плане или продольном профиле переходных участках линий с уклонами до $0,01\%$ предусмотрены аналогичные конструкции в сборном тороидальном исполнении.

Станции метрополитена проектируются при этом только в надземном варианте с выходом сооружений на высотные отметки городской дорожной сети, что обеспечит оптимальные условия общественному транспорту и создаст максимальные удобства для движения пассажиров. Архитектурно-планировочные и конструктивные решения станций, а также архитектура внешнего облика (оформления) перегонных тоннелей, включая системы аварийно-эвакуационных выходов, остаются свободными для творческой мысли.

Эстакады перегонных тоннелей и помещения станций метрополитена, опоры которых располагаются на фундаментах из буровых свай, должны быть приподняты над естественной поверхностью земли не менее чем до высотных отметок низа своих конструкций, исключающих контакт с водной средой при аварийном затоплении городских территорий. Например, такой подход весьма целесообразен в том же Санкт-Петербурге при аварийном разрушении защитных дамб, отделяющих

город от подъёмов воды в Финском заливе Балтийского моря.

Максимальные высотные отметки низа конструкций надземных перегонных тоннелей, а также самих станций в случае их размещения в местах формирования транспортно-пересадочных узлов определяются потребностями в сооружении транспортных развязок в разных уровнях в соответствии с генеральными планами развития Москвы, Санкт-Петербурга и, возможно, ряда других крупных городов. По обеим сторонам от эстакад надземного закрытого метрополитена не исключены лиственные деревья. Под эстакадами удобно располагать автостоянки и всякого рода одноэтажные постройки. Перегонные тоннели линий надземного метрополитена по конструкции могут быть как в двухпутном, так и однопутном исполнении соответственно под каждое направление движения поездов.

В перегонных тоннелях должно быть предусмотрено необходимое количество специально управляемых аварийных выходов наружу для пассажиров и персонала метрополитена — в пределах станций и на протяжении всех перегонов между станциями, а также для обеспечения доступа в тоннели сотрудников спасательных служб и пожарных команд.

В целом, по нашему мнению, применение надземных сооружений метрополитена не требует значительных и дорогостоящих работ по перекладке (переносу) существующих инженерных коммуникаций, что, несомненно, удешевит стоимость строительства подобного рода объектов.

Инновационные технические решения при сооружении перегонных надземных тоннелей и станций метрополитенов становятся возможными для внедрения в транспортное строительство в результате многолетней творческой работы учёных Российского университета транспорта (МИИТ), завершившейся получением патента РФ на изобретение «Композитный несущий блок и монтажное соединение несущих блоков сборной строительной конструкции» [5].

Изобретение, согласно этому патенту, относится к возведению инженерных сооружений с несущим каркасом в виде сборных композитных конструкций с оболочечной, плитной или оболочечно-плитной крупногабаритной структурой, одно- и многосвязной, в том числе сотовой, с монтажными блоками из армированного бетона со стальной или неметаллической стержневой арматурой, с возможным включением в оболочки и плиты пластинчатых или тонкостенных оболочечных элементов из стального листового проката и с закладными металлическими трубчатыми деталями, образующими соединения монтажных блоков между собой и с другими конструкциями сооружения.



Новые сталежелезобетонные сборные оболочечные конструкции целесообразны:

- для применения в таких областях строительства, как мостостроение, придонное подводное тоннелестроение, фундаментостроение, резервуаростроение;
- для создания полотна насыпей железных и автомобильных дорог (при высоте специальных конструкций таких насыпей в пределах от 2 до 6 м) [6, с. 15–18];
- для возведения подпорных стен и специальных конструкций берегоукрепления;
- для сооружения морских и речных портовых причалов, конструкций транспортных галерей, колонн, стен и перекрытий промышленных зданий, высотных сооружений, тороидальных, купольных, цилиндрических и конических сводчатых сооружений;
- для сооружения оснований стационарных надводных морских платформ и мобильных подводных платформ (придонных — при глубинах моря до 400 м) при добыче углеводородов на морских шельфах;
- для возведения высотных конструкций вытяжных и дымовых труб, башенных градирен, морских и речных терминалов.

Кроме того, сборные оболочечные конструкции «башенного» типа могут быть применены для подземных стволов [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В своё время Элвином Тоффлером (одним из авторов концепции постиндустриального общества) отмечалось, что «коммуникация приобретают в процессе создания богатства всё большее значение... Стремительная трансформация времени, пространства и знания ведёт к созданию революционной системы накопления богатства. Что самым радикальным образом меняет основы бизнеса и общества» [8, с. 28].

Решение транспортной проблемы мегаполисов, связанной с их ускоренной автомобилизацией, отсутствием развитой и незагруженной сети автодорог, появлением нового массового жилья на окраинах городов, в ближайшей перспективе приобретёт более насущный политический и социально-экономический характер. Это, естественно, потребует адекватных мер, направленных на устранение диспропорций и «узких мест» в развитии транспортной инфраструктуры городов и, как следствие, на снижение вредного воздействия автомобильного движения на окружающую среду.

По предварительным оценкам экспертов, ежегодно из-за заторов на дорогах Москва и

Санкт-Петербург теряют в сумме порядка триллиона рублей, и с каждым годом эта цифра растёт. В среднем москвичи проводят в пробках по 2,5 часа в день. Жители северной столицы тратят на пробки около двух часов в день. В обобщённый триллион входят как бюджетные потери (изнашиваемость дорожного полотна, расходы на организацию дорожного движения, ущерб экологии), так и убытки, которые несут автомобилисты (перерасход топлива и личного времени, амортизация автомобиля). По подсчётам информационно-аналитического агентства «Смилинка», за каждый час простоя одного транспортного средства государство и автомобилист платят «на принципах софинансирования» порядка 500 рублей [9].

На наш взгляд, лишь сооружение новых (прежде всего — надземных) линий метро и участков железных дорог (как объектов «чистых» видов транспорта) в цепочке «город—пригород» способно существенно помочь нормализации транспортной и экологической ситуации в мегаполисах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bolden T., Harman R. Realising the New Opportunity for the Railways. In: *Turning the Corner: A Reader in Contemporary Transport Policy*. Oxford, UK: Blackwell, 2004. — 216 p.
2. Button K., Stough R. *Transport and Public Policy*. — Cheltenham, England: Edward Elgar, 1999. — 657 p.
3. Campos J., Rus G. Some stylized facts about high-speed rail: A review of HSR experiences around the world // *Transport Policy*. — 2009. — № 16. — pp. 19–28.
4. Hibbs J. [et al.]. *The Railways, the Market and the Government*. — London: Institute of economic Affairs (IEA). — 2006. — 243 p.
5. Патент Российской Федерации на изобретение RU2519021 С2 МПК E04C1/00 (2006/01), E04B 2/08 (2006/01). Композитный несущий блок и монтажное соединение несущих блоков сборной строительной конструкции. Патентообладатель: МГУПС — МИИТ. Заявка № 20128146; приоритет от 06.07.2012 г. Опубликовано 10.06.2014. Бюллетень № 16.
6. Замуховский А. В., Копыленко В. А., Фридкин В. М. О технико-экономической целесообразности применения железнодорожных эстакад вместо высоких насыпей // *Транспортное строительство*. — 2012. — № 10. — С. 15–18.
7. Кокосадзе А. Э., Фридкин В. М., Чесноков С. А. *Инженерные сооружения подземной энергетики: Монография*. — М.: Изд-во АСВ, 2015. — 120 с.
8. Тоффлер Э. *Новая волна богатства* // *Эксперт*. — 2008. — № 2. — С. 28.
9. Белоглазова Г., Вылегжанина У., Стригин А. Дорожная карта бита. Из-за плохой организации движения транспорта регионы несут миллиардные убытки. [Электронный ресурс]: <https://rg.ru/2011/11/16/reg-szfo/probki.html>. Доступ 30.01.2019. ●

Координаты авторов: Фридкин В. М. — fvm38.38@mail.ru, Харламова Ю. А. — ykharlamova@yandex.ru, Шумский С. П. — dpo.miit@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 30.10.2018, принята к публикации 03.12.2018.

PERSPECTIVES OF URBAN ELEVATED METRO

Fridkin, Vladimir M., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Kharlamova, Yulia A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

Shumsky, Sergey P., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article presents an analysis of the most effective technical solutions for creation of overhead metro in the largest cities of the Russian Federation. It is proposed in construction of metro lines of this type to use pre-fabricated elevated above-ground tunnels

in closed cylindrical shells of precast concrete and steel composite concrete. The importance of the problem of removal of the infrastructure of high-speed rail transport from the zone of contact with roads due to the growth of motorization in the cities of modern Russia is emphasized.

Keywords: overhead metro, precast concrete, haul running tunnel, closed cylindrical shell, anthropogenic factor, megacities.

Background. The implementation of the most effective technical solutions for creation of the overhead metro in the largest cities of the Russian Federation, primarily in the megacities of Moscow and St. Petersburg, is one of the promising areas for development of urban passenger transport. A fundamental transition from the underground laying of new lines and of new sections of extended existing lines of metro to their above-ground construction can provide a positive social, technical and economic effect. In addition, the global situation develops precisely under the influence of anthropogenic factors.

Objective. The objective of the authors is to consider perspectives of construction of urban overhead metro in major cities of Russia.

Methods. The authors use general engineering and particular transport construction methods, comparative analysis, evaluation approach, scientific description.

Results.

The world community is concerned about the growth rate of motorization and related transport and environmental problems, especially for large metropolitan areas. In these circumstances, priorities focus on more environmentally friendly modes of rail transport [1–4] as railways and metro.

It is not a secret that for the most efficient development of the territory of large cities, including development of nearby suburbs, and in order to improve transport accessibility and increase population mobility, special preference is given to construction of metro lines. The choice of an option of laying metro lines either underground (sub-surface or deep stations), above ground, or on the surface depends on many factors. Each of the possible options has its own advantages and disadvantages (limitations). For example, for St. Petersburg, where, as it is known, the geological structure of near-surface geo-massifs with extremely low bearing capacity, does not allow construction of running tunnels and construction of sub-surface stations. Therefore, metro passengers in the «northern capital» are now spending more time on the escalator descent and ascent (due to the deep stations) than directly on the travel between stations.

At the same time, the existing ground metro lines are open lines that operate in adverse meteorological conditions – under the influence of precipitation, solar radiation, and high heating of the upper track structure in the summer, at very low outdoor temperatures in winter (up to -40°C and below) and the presence of ice. Ground open lines also create noise when trains move, painfully

perceived by residents in the zone of urban development closest to the metro.

Against this background, it is of interest to use technical solutions, which are based on construction of pre-fabricated elevated above-ground metro tunnels in closed cylindrical shells of precast concrete and reinforced concrete. For sections of lines which are curved in plan or in longitudinal profile, with slopes of up to 0,01%, similar structures, prefabricated with toroidal design, can also be used.

Metro stations shall be designed only in the elevated version with the access of structures to the elevations of the urban road network, which will provide optimal conditions for public transport and create maximum comfort for movement of passengers. Architectural planning and design solutions of the stations, as well as the architecture of the external appearance (design) of the running tunnels, including emergency evacuation exit systems, remain open for creative thought.

Overpasses of running tunnels and premises of metro stations, whose supports are located on foundations made with drilled piers, should be elevated above the natural surface of the earth at the height which is not less than the height marks of the bottom of their structures, preventing contact with the aquatic environment during emergency flooding of urban areas. For example, such an approach is highly expedient in St. Petersburg in case of emergency destruction of protective dams separating a city from rising waters in the Gulf of Finland of the Baltic Sea.

The maximum elevations of the bottom structures of above-ground running tunnels, as well as of the stations themselves, if they are located at the places where transport hubs are formed, are determined by the need to construct interchanges at different levels in accordance with the general development plans of Moscow, St. Petersburg and, possibly, a number of other major cities. Deciduous trees are not excluded on both sides of the overpasses of overhead closed metro. Under overpasses, it is convenient to have parking lots and all sorts of one-story buildings. Running tunnels of overground metro lines can be either double or single track respectively for each direction of train movement.

The required number of specially controlled emergency exits to the outside for passengers and metro personnel – within the stations and throughout all the hauls between the stations, as well as to provide access to the tunnels for rescue services and fire teams, should be provided in the running tunnels.

In general, in our opinion, the use of above-ground metro facilities does not require significant and costly work on redevelopment (transfer) of existing engineering communications, and that will



undoubtedly reduce the cost of construction of such facilities.

Innovative technical solutions for construction of elevated above-ground tunnels and metro stations are becoming possible for implementation in transport construction as a result of many years of creative work by scientists of Russian University of Transport (MIIT), which resulted in the receipt of the RF patent for invention «Composite carrier block and mounting connection of bearing blocks of the prefabricated building structure» [5].

The invention, according to this patent, relates to construction of engineering structures with a supporting frame in the form of prefabricated composite structures with shell, slab or shell-slab large-size structure, single and multiply, including cellular, with mounting blocks of reinforced concrete with steel or non-metallic rod fittings, with possible inclusion in the shells and plates of plate or thin-walled shell elements of steel sheet metal and embedded metal tubular parts, forming compounds of mounting blocks interconnected with other building structures.

New steel concrete precast shell structures are appropriate:

- for use in construction areas such as bridge construction, bottom subsea tunneling, foundation engineering, reservoir construction;
- for creation of roadbeds of embankments of railways and highways (with the height of special structures of such embankments ranging from 2 to 6 m) [6, pp. 15–18];
- for construction of retaining walls and special bank protection structures;
- for construction of sea and river port berths, structures of transport galleries, columns, walls and ceilings of industrial buildings, high-rise structures, toroidal, dome, cylindrical and conical vaulted structures;
- for construction of the bases of fixed offshore above-water platforms and mobile underwater platforms (bottom ones – at sea depths up to 400 m) for hydrocarbon production on sea shelves;
- for construction of high-rise structures of ventpipes and chimneys, cooling towers, sea and river terminals.

Besides, prefabricated shell structures of the «tower» type can be used for shafts [7].

Conclusion. A. Toffler noted that communication becomes increasingly important in the process of wealth creation [8, p. 28].

The solution of the transport problem of megacities, related to their accelerated motorization, the lack of a developed and unloaded network of roads, the emergence of new mass housing on the outskirts of cities, in the near future will acquire a more pressing political and socio-economic character. This, of course, will require adequate measures aimed at eliminating imbalances and «bottlenecks» in development of urban transport infrastructure and, as a result, a need to reduce the harmful effects of road traffic on the environment.

According to preliminary estimates by experts, annually due to traffic jams on the roads, Moscow and St. Petersburg lose in total about a trillion rubles, and every year this figure grows. On average, Muscovites spend 2.5 hours a day in traffic jams. Residents of St. Petersburg spend in traffic jams about two hours a day. The generalized trillion includes both budgetary losses (wear and tear of the roadway, expenses for traffic management, environmental damage) and losses incurred by drivers (excessive consumption of fuel and personal time, car depreciation). According to the calculations of «Smilink» information-analytical agency, for each hour of idle time of one vehicle, the state and the driver pay about 500 rubles «on the principles of co-financing» [9].

In our opinion, only construction of new (above all – overhead) metro lines and sections of railways (as structures of «green» modes of transport) in the «city-suburb» chain can significantly help to meet challenges imposed by the transport and environmental situation in megacities.

REFERENCES

1. Bolden, T., Harman, R. Realising the New Opportunity for the Railways. In: Turning the Corner: A Reader in Contemporary Transport Policy. Oxford, UK: Blackwell, 2004, 216 p.
2. Button, K., Stough, R. Transport and Public Policy. Cheltenham, England: Edward Elgar, 1999, 657 p.
3. Campos, J., Rus, G. Some stylized facts about high-speed rail: A review of HSR experiences around the world. *Transport Policy*, 2009, Iss. 16, pp. 19–28.
4. Hibbs, J. [et al]. The Railways, the Market and the Government. London: Institute of economic affairs (IEA), 2006, 243 p.
5. Patent of the Russian Federation for invention RU2519021 C2 IPC E04C1/00 (2006/01), E04B 2/08 (2006/01). Composite carrier block and mounting connection of bearing blocks of the prefabricated building structure. Patentee: MGUPS-MIIT. Application No. 20128146; priority of 06.07.2012. Published on 10.06.2014. Bulletin No. 16.
6. Zamukhovskiy, A.V., Kopylenko, V.A., Fridkin, V.M. On technical and economic feasibility of using railway overpasses instead of high embankments [O tekhniko-ekonomicheskoi tselesoobraznosti primeneniya zheleznodorozhnykh estakad vmesto vysokikh nasypei]. *Transportnoe stroitelstvo*, 2012, Iss. 10, pp. 15–18.
7. Kokosadze, A. E., Fridkin, V. M., Chesnokov, S. A. Engineering structures of underground energy: Monograph [Inzhenierie sooruzheniya podzemnoi energetiki: Monografiya]. Moscow, Publishing House ASV, 2015, 120 p.
8. Toffler, A. A New Wave of Wealth [Novaya volna bogatstva]. *Expert*, 2008, Iss. 2, p. 28.
9. Beloglazova, G., Vylegzhanina, U., Strigin, A. Road map is not executed. Due to poor organization of traffic, the regions suffer billions in losses [Dorozhnaya karta bita. Iz-za plokhoi organizatsii dvizheniya transporta region nesut milliardnie ubytki]. URL: <https://rg.ru/2011/11/16/reg-szfo/probki.html>. Last accessed 30.01.2019.

Information about the authors:

Fridkin, Vladimir M. – D.Sc. (Eng), professor of the department of Bridges and tunnels of Russian University of Transport, Moscow, Russia, fvm38.38@mail.ru.

Kharlamova, Yulia A. – D.Sc. (Politics), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, ykharlamova@yandex.ru.

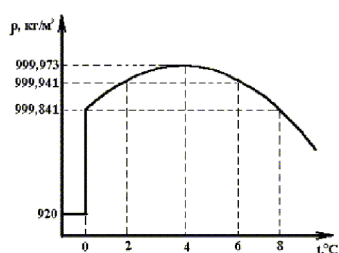
Shumsky, Sergey P. – Ph.D. (Eng), associate professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, dpo.mii@gmail.com.

Article received 30.10.2018, accepted 03.12.2018.



ГОЛОЛЁД 180

Скользя, ехать нельзя.



ЭКОЛОГИЯ 192

Утилизация отходов: мультипликативный эффект.



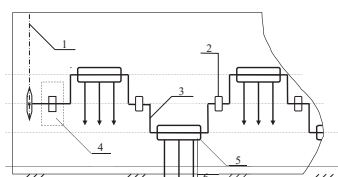
ГОРОДСКАЯ СРЕДА 202

Новые технологии для рельсового транспорта.

БЕЗОПАСНОСТЬ • SAFETY AND SECURITY

ICING 180

Slipping hinders driving.



ENVIRONMENT 192

Waste recovery: multiplicative effect.



URBAN ENVIRONMENT 202

New technology for rail transport.





Анализ способов борьбы с льдообразованием



Любовь СЛАДКОВА
Lubov A. SLADKOVA

Алексей НЕКЛЮДОВ
Alexey N. NEKLUDOV



Андрей КУЗНЕЦОВ
Andrey N. KUZNETSOV

Сладкова Любовь Александровна — доктор технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Неклюдов Алексей Николаевич — кандидат технических наук, заведующий кафедрой путевых, строительных машин и робототехнических комплексов РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

Кузнецов Андрей Николаевич — аспирант РУТ (МИИТ), Москва, Россия.

Analysis of Methods to De-Ice Roads

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 187)

Используя полученные материалы о прочностных характеристиках льда, авторы анализируют способы разрушения льда, исходя из его свойств и поведения в различных условиях. Установлено, что тепловое воздействие (плавление, паровое и газотермическое) может считаться наиболее невыгодным с позиции энергозатрат.

Химическое разрушение льда ведёт к коррозионному воздействию на дорожное покрытие, автотранспорт и отрицательно влияет на людей и окружающую среду.

Многие другие способы (электрофизические, электрогидравлические, электромагнитные) находятся на стадии научных разработок.

Самым выгодным с точки зрения простоты конструкции, энергозатрат, экологичности и экономичности остаётся механический способ разрушения льда (удар, снижение давления под ледяной коркой, резание, скол, бурение). Предлагаемая в статье конструкция адаптера для борьбы с льдообразованием отличается прежде всего простотой изготовления и обслуживания.

Ключевые слова: транспорт, дорожное покрытие, лёд, способы борьбы, льдообразование, гололёд, гололедица, температура, свойства льда, аварийные риски, безопасность.

Одной из особенностей транспорта является зависимость его функционирования от природных факторов, в частности, от метеорологических условий, которые могут значительно осложнить и даже приостановить работу транспорта. К метеоусловиям, оказывающим негативное влияние, могут относиться: температура окружающей среды, влажность воздуха, ветер, осадки, туманы, грозы, высота снежного покрова и т.п. Они определяют дальность видимости, ухудшают сцепные качества шин с дорожным покрытием. Это влияние может быть как длительным, так и кратковременным. Например, отрицательная температура и наличие снежного покрова являются условиями длительного влияния, а осадки, туман, гололёд — кратковременного.

СКОЛЬЗКАЯ ТЕМА

Скользкие дороги, согласно статистике, одна из главных причин автотранспортных аварий и катастроф. По различным данным до 15–70 % случаев дорожно-

Таблица 1

Характеристики интенсивности наземного обледенения

Характеристика	Тип обледенения		
	Гололёд	Изморозь	Обледенелый мокрый снег
Слабый	1–5 мм	1–49 мм	1–10 мм
Умеренный	6–19 мм	>50 мм	11–34 мм
Сильный	>20 мм	–	>35 мм

транспортных происшествий на автомобильном транспорте в зимний период обусловлены или сопровождаются явлениями обледенения. Например, среднее количество гололёдных дней в году для столицы составляет 51 день (приложение к постановлению правительства Москвы от 27 ноября 2001 г. № 1063-ПП).

Следует различать понятия «гололёд» и «гололедица». Гололёд — слой льда, образующийся в результате выпадения дождя, ледяного дождя или мороси, он возникает на любых предметах и поверхности земли как при отрицательных температурах, так и при температуре воздуха до $+3^{\circ}\text{C}$, если дорожное покрытие ещё не успело прогреться после «минуса». В 95 % случаев появление гололёда происходит при температуре воздуха, приближающейся к 0°C , и относительной влажности воздуха от 80 до 100 %. Гололедица же — результат замерзания дождевой или талой воды, покрывающей землю. Этот вид наземного обледенения представляет особую угрозу для транспорта. Зернистая изморозь — снеговидный, рыхлый осадок матово-белого цвета, образующийся на проводах, сучьях деревьях, отдельных травинках, отличается от гололёда кристаллической структурой. Образование её наблюдается при мелких каплях переохлаждённого тумана. Отложение мокрого снега — ледяная масса, по внешнему виду напоминающая очень плотную изморозь или гололёд.

Степень интенсивности наземного обледенения принято характеризовать общей толщиной льда, которая создаётся за определённый промежуток времени (см. таблицу 1). При возникновении скользкости коэффициент сцепления шин с поверхностью дороги уменьшается до 0,08–0,15, что приводит к резкому снижению безопасности движения.

Согласно данным метеостатистики, приведённым на сайте <http://thermo.karelia.ru/>, в Москве с 1948 по 2015 год пять

месяцев в году имели отрицательную среднемесячную температуру.

Снежный покров в зависимости от его высоты и состояния может представлять опасность для транспорта. Наличие снега на проезжей части высотой в 3–5 см уже вызывает необходимость уменьшения скорости движения, а при высоте свыше 25 см движение становится невозможным. К созданию снежного наката со скользкой поверхностью приводит уплотнение снега колёсами движущихся автомобилей.

ЛЁД И ПЛАМЁНЬ

Рассмотрим лёд как объект борьбы с гололёдными явлениями. Из курса физики и химии в школе известно, что лёд — это твёрдое состояние воды, молекулярная формула которой H_2O . Несмотря на кажущуюся простоту этого вещества и повседневный привычный контакт с ней человека, о воде в любом её состоянии мы знаем очень мало.

В современных научно-технических и публицистических источниках [1–4], основываясь на результатах анализа спектра инфракрасного поглощения, рентгеновских, электронно-микроскопических и многих других исследований, учёные приводят некие общие сведения о молекуле воды. Молекула воды представляет собой два атома водорода, удалённых от атома кислорода на $0,96 \text{ \AA}$ ($1 \text{ \AA} = 10^{-8}\text{см}$), располагающихся от него в направлениях, образующих между собой 105° . Причём радиусы атомов кислорода равны $1,4 \text{ \AA}$, а водорода — $1,2 \text{ \AA}$. Таким образом, состояние воды определяется двумя термодинамическими переменными: температурой и давлением.

Лёд имеет гексагональную кристаллическую структуру, и молекулы воды выстраиваются в нём в шестиугольник. Вспомним, что молекула воды имеет форму шара с двумя бугорками. В кристалле льда молекула воды ориентируется так,



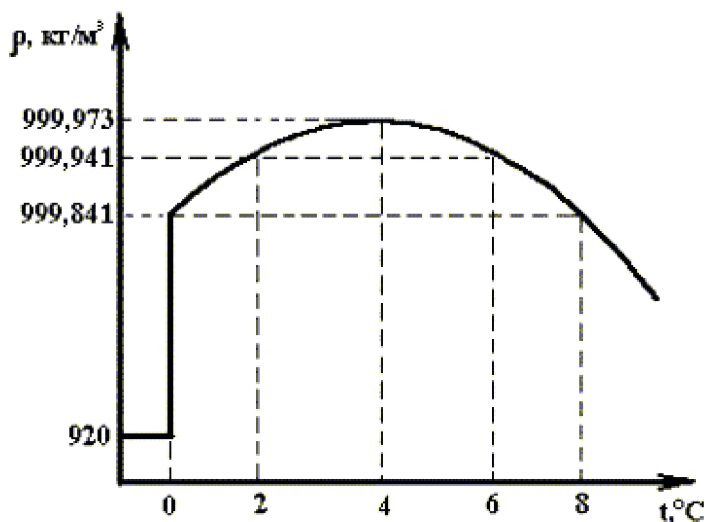


Рис. 1. График зависимости плотности воды от температуры [2].

чтобы оба атома водорода были направлены строго в сторону двух других молекул воды. При возникновении структуры льда угол между атомами водорода в молекулах воды увеличивается на 4° по сравнению с величиной того же угла в молекулах, образующих пар (105°) [2, с. 42]. Изменение валентного угла в молекуле воды, впрочем, только одна из нескольких аномалий этого удивительного вещества.

Процесс льдообразования протекает следующим образом: вода, охлаждаясь до $+4^\circ\text{C}$, достигает максимума плотности. Для того чтобы получить лёд из 1 кг воды с температурой $+4^\circ\text{C}$, нужно охладить её до точки кристаллизации 0°C при нормальном давлении, забрав энергию, равную 16 кДж, а для скрытой теплоты льдообразования при кристаллизации воды отнять 332 кДж. Аморфная структура гололёда объясняется тем, что процесс замерзания переохлаждённой воды несколько задерживается выделяющейся при этом скрытой теплотой льдообразования. Вследствие этого капли, прежде чем замёрзнуть, успевают растечься по предмету, образуя сплошной покров льда.

График изменения плотности воды от температуры приведён на рис. 1.

Анализ графика рис. 1 свидетельствует о том, что при неизменности массы вещества (воды) в жидком состоянии переход её в твёрдое состояние неизменно должен вести к увеличению объёма воды, находящейся в твёрдом состоянии, и это может

являться причиной расширения льда при охлаждении. На прочность льда оказывают сильное влияние внешние условия — характер нагрузок, тепловой режим, агрессивность окружающей среды, поверхностные эффекты и т.д. Данные по прочностным характеристикам льда, полученным исследователями многих стран за предшествующие 100 лет, имеют большой диапазон значений. Например, прочность на сжатие изменяется от $4 \cdot 10^5$ до $130 \cdot 10^5$ Па и более, а прочность на изгиб — от $3 \cdot 10^5$ до $30 \cdot 10^5$ Па [5, с. 5]. Характеристики льда определяются его структурой (форма, размер кристаллов, направление кристаллооптических осей, количество воздушных включений и т.д.).

Структурные связи в решётке льда вследствие различной прочности под воздействием нагрузок нарушаются неодинаково по различным кристаллооптическим направлениям, т.е. проявляется анизотропия механических свойств. Прочность льда зависит от температуры, так как при понижении температуры понижается подвижность атомов водорода, и связь между отдельными кристаллами увеличивается. Изменение свойств льда в зависимости от температуры также обусловлено содержанием в нём жидкой фазы. С повышением температуры это содержание увеличивается, что способствует уменьшению ледовой прочности и более интенсивному проявлению пластических свойств.

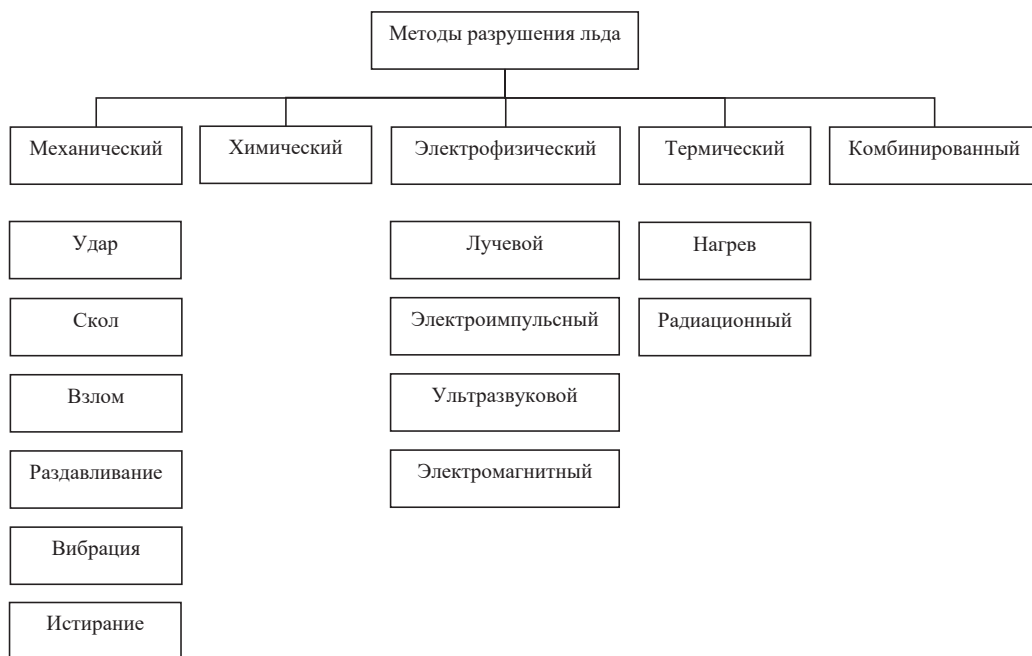


Рис. 2. Классификация методов разрушения льда по способу воздействия.

Надо заметить, что при плавлении льда не происходит сразу полного разрушения кристаллической решётки. Разрывается лишь небольшое количество межмолекулярных связей, при 0°С число таких разрушенных связей составляет около 15 %. Остальные молекулы сохраняют подобную кристаллу структуру внутри небольших областей.

Из сказанного следует, что выбор способов разрушения льда необходимо делать, исходя из его свойств и поведения в различных условиях.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ

При анализе многообразия технических средств, предназначенных для борьбы с гололёдными явлениями, целесообразно объединить технические решения в группы по способу воздействия на разрушаемый лёд (см. рис. 2).

В основе термического разрушения льда находится его способность к таянию по достижении им температуры плавления, но при этом вода способна при соответствующих условиях к повторному льдообразованию. Необходимо отметить, что тепловое воздействие на лёд является наиболее невыгодным с позиции энергозатрат. (На плавление льда для полного растопления 1 м³ его

объёма за 1 час потребуется источник мощностью около 0,1 МВт [5, с. 135], что более чем в сто раз превышает энергию, достаточную для плавления металлов). Тем не менее тепловые методы, основанные на использовании дешёвой попутной энергии (например, отработанного тепла промышленных, судовых установок) и даровой энергии Солнца, могут в некоторых случаях явиться экономически выгодными.

Зачерняющие средства (порошки тёмного цвета с плотностью больше единицы) являют собой солнечно-радиационный подход к разрушению льда, не требующий энергозатрат и предусматривающий максимальное применение солнечной энергии для таяния льда, снижая его отражающую способность. Однако использование зачернения ограничивается при наличии облачности и осадков.

В основу парового и газотермического способов положено растопление льда при помощи пара, струй горячей воды, либо использование воздуха, отбираемого от компрессоров двигателя, или воздуха, нагреваемого в теплообменниках циркулирующими в них выхлопными газами. Вариант малоприменим в условиях дорожного хозяйства с энергетической точки зрения. Допустим, при очистке взлётно-



посадочной полосы шириной 3,66 м и длиной в 1 км от ледяной корки толщиной 15 мм с помощью газотурбинных двигателей ТГ-16 и двигателей Ан-26 необходимо 1200 л топлива!

Химическое разрушение льда основано на свойстве некоторых химических соединений образовывать со льдом смеси, имеющие более низкую температуру плавления, чем сам лёд. Химические вещества внедряются в лёд, нарушая в нём монолитность, что существенно снижает его прочность. К недостаткам при этом следует отнести коррозионную активность химических веществ и их вред экологии.

Электрофизическое разрушение льда (применение высокочастотных магнитных полей, ультразвука, радиации, лазеров) находится на стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Большинство проектов так и не вышло из стадии экспериментальных исследований. Электроимпульсное воздействие требует наличия сложных тонкостенных конструкций.

Электрогидравлические средства основаны на создании высокого гидравлического давления высоковольтным импульсным искровым разрядом вокруг зоны разряда внутри объёма жидкости. Разрушающий эффект от электрогидравлического импульса аналогичен результату воздействия эквивалентного по мощности взрыва заряда обычного взрывчатого вещества.

Электромагнитные поля высокой интенсивности в диапазоне высоких и сверхвысоких частот в случае контактного нагрева из-за низкой теплопроводности малоэффективен [7, 8]. Однако при резании льда наложение на режущий инструмент высокочастотных упругих колебаний позволяет уменьшить усилие на резце и увеличить скорость процесса в 1,5–2 раза.

МЕХАНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛЁД

Разными авторами [9–12] предложены устройства для пробивания льда с использованием энергии удара. При этом направление удара бывает сверху вниз или снизу вверх перпендикулярно поверхности льда. В качестве рабочего ор-

гана, как правило, выступает ударник, название которого зависит от принципа действия. Глубина проникновения такого ударника в лёд колеблется от нескольких сантиметров до 2–3 метров. Но при этом скорость перемещения ударника в момент контакта со льдом должна быть не менее 90 м/с и зависит от технических возможностей устройства (установлено, что отклонение направления удара от нормального к поверхности льда на угол менее 40° ведёт к рикошету рабочего органа).

Действие удара может быть пневматическим, гидравлическим, баллистическим, вибрационным.

Интересен способ разрушения льда за счёт отсоса воздуха (снижения давления) в пятне контакта, что ведёт к ослаблению связей в кристаллической структуре льда.

Взламывающие средства относятся к устройствам, расположенным на ледовых судах. Лёд взламывается снизу вверх за счёт оригинальной формы форштевня (пат. 131283, Норвегия) или применения булб — специального уширения нижней части носовой оконечности судна.

Пневматические средства нацелены на лишение ледяного покрова упругого гидравлического основания, когда подаваемый в подлёдное пространство сжатый воздух оттесняет воду от нижней поверхности льда и тот, лишённый опоры, разрушается под собственной тяжестью.

Из режущих средств можно выделить две группы: устройства с гибкими режущими элементами и устройства с фрезерными рабочими органами.

К этим группам относятся ледовые цепные пилы различных модификаций (баровые, фрезерные машины), которые имеют простую конструкцию и высокую производительность [13, 14]. Их применение целесообразно при разрушении льда большой толщины. Лёдоскалыватели предназначены для снятия и измельчения фрезерованием льдообразований и смёрзшихся грунтопесчаных наносов на дорогах и тротуарах. Подобное тракторное навесное оборудование позволяет производить первичное снятие льдообразований с дорожного полотна. Но полное отделение льда от покрытия происходит только в условиях оттепели, при температуре воз-

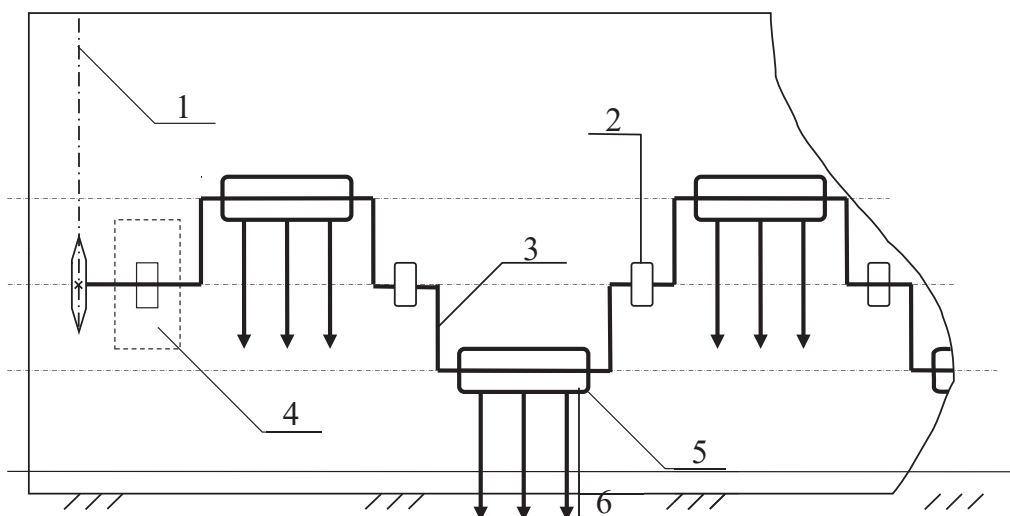


Рис. 3. Схема конструкции адаптера для борьбы с гололедицей: 1 – цепная передача; 2 – соединительная муфта; 3 – промежуточный коленчатый вал; 4 – кронштейн; 5 – ударное устройство; 6 – тыльная сторона отвальной поверхности.

духа ниже -3°C , толщина оставляемого слоя льда составляет 10–20 мм.

Применение *скалывающих* средств основано на свойстве льда хрупко разрушаться под действием волн напряжений достаточной интенсивности, которые могут быть введены в лёд с помощью либо концентрированной динамической, либо медленно прилагаемой статической нагрузки. Интенсивность нагрузок должна быть приемлемой для образования трещин. Удельная энергия разрушения льда с использованием упругих волн напряжений значительно меньше, чем удельная энергия разрушения льда резанием [12, 15].

Буровые устройства (буры шлямбуровые или колонковые (полые), винтовые сверлового типа, керновые) разрушают лёд при помощи механического вращательного бурения. Рабочими органами являются режущие инструменты различных типов. Производительность бурения зависит от конструкции инструмента. При нормальных условиях на бурение лунки глубиной 1 м затрачивается около 5 мин. При бурении мокрого льда работа затрудняется, появляется необходимость в нескольких заходах для очистки от ледяной крошки.

КОНСТРУКЦИЯ АДАПТЕРА

Нами предлагается конструкция адаптера для борьбы с гололедицей (см. рис. 3). Адаптер представляет собой коленчатый

вал, состоящий из нескольких коленчатых валов и расположенный на кронштейнах, установленных на тыльной стороне отвала бульдозера. Коленчатый вал приводится во вращение посредством цепной передачи, ведомые звездочки которой монтируются на концевых участках вала с обеих сторон. Ведущий вал цепной передачи через редуктор соединён с валом двигателя бульдозера, от которого производится отбор мощности. Включение адаптера в работу совершает машинист бульдозера из кабины.

Соединение коленчатых валов обеспечивается при помощи муфт, которые крепятся на двух попарно соединённых валах посредством штифтов через соосные отверстия на концевых участках коленчатых валов и муфт. Ударное устройство для разработки уплотнённой отвальной поверхностью снежного наста или льда состоит из двух полухомутов, соединённых между собой болтами, и устанавливается на каждом промежуточном коленчатом валу. Затяжка болтов регулируется с таким усилием, чтобы было возможным свободное вращение внутренней поверхности хомута относительно цилиндрической поверхности коленчатого вала. При необходимости между полухомутами можно применять металлические прокладки толщиной 0,5–2 мм. К нижнему полухомуту на одинаковом расстоянии друг от



друга при помощи сварки (электрической) привариваются три втулки с внутренней резьбой. В каждой втулке установлен (закручен) ударник, острый которого предназначено для обработки снежного наста путём нанесения по нему периодических ударов при вращении коленчатого вала.

Конструкция адаптера позволяет изменять положение промежуточных коленчатых валов относительно друг друга.

Достоинства предлагаемой конструкции устройства для борьбы с гололёдными явлениями:

1. Простота конструкции адаптера позволяет собирать его из необходимого числа промежуточных коленчатых валов посредством соединительных муфт обычными соединительными элементами, например, штифтами.

2. Возможность быстрого изменения конструкции коленчатого вала, т.е. относительного расположения промежуточных коленвалов относительно друг друга не только в плоскости, но и в пространстве, в зависимости от прочности и толщины разрабатываемого льда и его состояния.

3. Лёгкость и быстрота обслуживания конструкции адаптера в процессе работы одним человеком (машинистом бульдозера) при замене и в случае поломки ударника (7–10 минут).

4. Возможность изменения глубины разработки снежного наста или льда путём выдвижения ударника в посадочных гнездах.

5. Простота и быстрота выполнения операции.

6. Безопасность производства ремонтных работ, так как при остановке двигателя происходит полная остановка адаптера.

ВЫВОДЫ

1. Разрушение льда, как и любого твёрдого тела, связано с понятием о его прочности — свойством материала в определённых условиях и пределах, не разрушаясь, воспринимать различные механические нагрузки и неравномерные воздействия физических полей.

2. Прочность льда в значительной сте-

пени зависит от многообразия его структурных особенностей. На прочность сильно влияют внешние условия — характер нагрузок, тепловой режим, агрессивность окружающей среды, поверхностные эффекты и т.д.

3. Основной из известных способов борьбы с наледью и снежным накатом при зимнем содержании дорог — снегоочистка — является трудоёмким и дорогостоящим, но механический способ разрушения льда обещает стать наиболее перспективным и надёжным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белянин В. С., Романова Е. К. Жизнь, молекула воды и золотая пропорция // Наука и жизнь. — 2004. — № 10. — С. 2–9.
2. Маэно Н. Наука о льде. — М.: Наука, 1988. — 231 с.
3. Войтковский К. Ф. Механические свойства льда. — М.: АН СССР, 1960. — 100 с.
4. Паундер Э. Физика льда: Пер. с англ. — М.: Мир, 1967. — 189 с.
5. Богородский В. В., Гаврило В. П., Недошин О. А. Разрушение льда. Методы, технические средства. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 232 с.
6. Гайдаенко Е. И. Использование льдов в качестве оснований сооружений. — Новосибирск: Наука, 1978. — 81 с.
7. Мисник Ю. М., Некрасов Л. Б. Электромеханическое разрушение мёрзлых пород // Физикотехнические проблемы разработки полезных ископаемых. — 1973. — № 5. — С. 27–30.
8. Кассир Г. А., Шперлинг В. И., Темников Е. М. и др. Новые физические методы разрушения минеральных сред. — М.: Недра, 1970. — 423 с.
9. Гидроакустический буй для исследования мирового океана // Патент России N 2005114635. 2005 / Кулаков А. Ф., Костромитинов В. Г.
10. Левицкий В. М. Средства для разрушения льда // Передовой опыт и новая техника. — 1979. — Вып. 4. — С. 57–69.
11. Лезин Д. Л. Ледокольные приставки // Труды НИИВТ. — 1977. — Вып. 126. — С. 3–15.
12. Арбатский А. В., Войнич В. Г., Соломин Р. Г. Ручные виброударные инструменты для производства выморозочных работ // Труды НИИВТ. — 1977. — Вып. 126. — С. 57–62.
13. Наместников В. Д., Монзырев Н. П., Чураков Л. Я. Механизация сколки судов и караванов // Труды НИИВТ. — 1976. — Вып. 119. — С. 35–39.
14. Николаев А. Ф. Исследования и комплекс машин для разработки мёрзлых грунтов, льда и снега. — Горький, 1962. — 62 с.
15. Войнич В. Г. Разрушение льда виброударным инструментом // Труды НИИВТ. — 1977. — Вып. 126. — С. 50–56.
16. Шумский П. А. Основы структурного ледоведения. — М.: АН СССР, 1955. — 491 с. ●

Координаты авторов: **Сладкова Л. А.** — rich.cat2012@yandex.ru, **Неклюдов А. Н.** — neklyudov.an@gmail.com, **Кузнецов А. Н.** — andrey-k92@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 09.10.2018, принята к публикации 17.12.2018.

ANALYSIS OF METHODS TO DE-ICE ROADS

Sladkova, Lubov A., Russian University of Transport, Moscow, Russia.
Nekludov, Alexey N., Russian University of Transport, Moscow, Russia.
Kuznetsov, Andrey N., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

Using the obtained materials on strength characteristics of ice, the authors analyze the methods of de-icing based on ice properties and behavior in various conditions. It is established that thermal effects (melting, steam and gas-thermal) can be considered the most disadvantageous from the standpoint of energy consumption. Chemical destruction of ice leads to corrosive effects on the pavement, vehicles and adversely affect people and

the environment. Many other methods (electro-physical, electrohydraulic, electromagnetic) are at the stage of scientific development. The most profitable method from the point of view of simplicity of design, energy consumption, environmental friendliness and efficiency remains the mechanical method of breaking ice (impact, pressure reduction under the ice crust, cutting, spalling, drilling). The design of an adapter for road machines to de-ice roads, proposed in the article is primarily characterized by ease of manufacture and maintenance.

Key words: transport, road surface, ice, de-icing, anti-icing, methods of control, ice formation, temperature, ice properties, emergency risks, safety.

Background. One of the features of transport is dependence of its functioning on natural factors, in particular, on meteorological conditions, which can significantly complicate and even suspend the operation of transport. The adverse weather conditions may include: ambient temperature, air humidity, wind, precipitation, fog, thunderstorms, snow depth, etc. They determine the range of visibility, degrade the grip of tires with road surface. This influence can be both long-term and short-term. For example, negative temperature and the presence of snow cover are conditions of prolonged influence, while precipitation, fog, and ice are of short duration.

Objective. The objective of the authors is to analyze different ways to combat ice formation in the winter season.

Methods. The authors use general scientific and engineering methods, comparative analysis, evaluation approach, physical, chemical, meteorological data analysis.

Results.

Delicate slippery topic

Slippery roads, according to statistics are among the main causes of road traffic accidents. According to various data, up to 15–70 % of road traffic accidents during the winter period are caused or accompanied by natural phenomena of icing. For example, there are on average 51 days per year in Moscow when roads are ice-covered (annex to the decree of Moscow government dated November 27, 2001 No. 1063-PP).

It is necessary to distinguish the concept of glaze ice and black (or clear) ice. Glaze ice is the layer of ice cumulated on any open surface of the ground or of an object, due to the freezing of precipitation (rain, drizzle, freezing rain), falling at below-freezing temperature either at ambient temperature of up to +3°C, if the pavement has not yet managed to warm up after the below-freezing temperature. In 95 % of cases, the appearance of glaze ice occurs at air

temperatures approaching 0°C and relative humidity from 80 to 100 %. Black ice is the result of freezing rain or melt water covering the ground. This type of ground icing poses a particular threat to transport. Grainy hoar-frost is snowy, loose deposition of matt-white color, formed on wires, branches, trees, separate blades of grass, differs from glaze ice with a crystalline structure. Its formation is observed following small drops of supercooled mist. The deposition of wet snow is an icy mass, resembling a very dense hoar-frost or glaze ice in appearance.

The degree of intensity of ground icing is usually characterized by total thickness of ice, which is created over a certain period of time (see Table 1). When slippage occurs, the coefficient of tire adhesion to the road surface decreases to 0,08–0,15, which leads to a sharp decrease in traffic safety.

According to the weather statistics given on the website <http://thermo.karelia.ru/> in Moscow from 1948 to 2015, five months a year had a negative average monthly temperature.

Snow cover, depending on its height and condition, can be dangerous for transport. The presence of snow on the carriageway with a height of 3–5 cm already necessitates a reduction in the speed of movement, and at a height of more than 25 cm movement becomes impossible. The compaction of snow by wheels of moving cars leads to creation of a snow reel with a slippery surface.

Ice and fire

Let's consider ice as an object to which efforts aimed at de-icing are applied. It is known even from school lessons that ice is a solid state of water, the molecular formula of which is H₂O. Despite the seeming simplicity of this substance and everyday habitual contact of a human being with it, we know very little about water in any of its conditions.

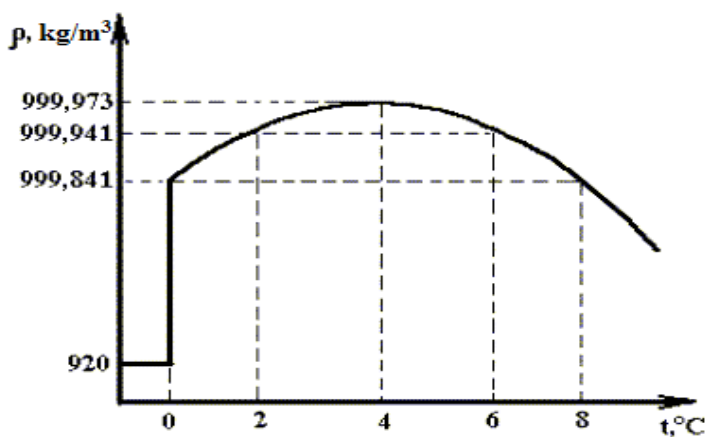
In modern scientific, technical and journalistic sources [1–4], based on the results of the analysis of the infrared absorption spectrum of X-ray, electron

Table 1

Characteristics of intensity of ground icing

Characteristic	Icing type		
	Glaze ice	Hoar-frost	Ice-covered wet snow
Weak	1–5 mm	1–49 mm	1–10 mm
Moderate	6–19 mm	>50 mm	11–34 mm
Strong	>20 mm	—	>35 mm





Pic. 1. Graph of water density dependence on temperature [2].

microscopic and many other studies, scientists provide some general information about the water molecule. The water molecule comprises two hydrogen atoms located at the distance of 0,96 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-8} \text{ cm}$) from the oxygen atom and located relative to it at the directions forming between themselves 105° . The radii of oxygen atoms are 1,4 Å, and of hydrogen – 1,2 Å. Thus, the state of water is determined by two thermodynamic variables which are temperature and pressure.

Ice has a hexagonal crystal structure, and water molecules are lined up in it in a hexagon. Let's recall that a water molecule has the shape of a sphere with two tubercles. In an ice crystal, a water molecule is oriented so that both hydrogen atoms are directed strictly towards the other two water molecules. When an ice structure emerges, the angle between hydrogen atoms in water molecules increases by 4° compared to the same angle in molecules that form steam (105°) [2, p. 42]. The change in the valence angle in the water molecule, however, is only one of several anomalies of this amazing substance.

The process of ice formation proceeds as follows: water, cooled to $+4^\circ\text{C}$, reaches the density maximum. In order to get ice from 1 kg of water with a temperature of $+4^\circ\text{C}$, it is necessary to cool it to a crystallization point of 0°C at normal pressure, taking energy equal to 16 kJ, and for latent heat of ice formation during water crystallization we take 332 kJ. The amorphous structure of ice is explained by the fact that the process of freezing of supercooled water is somewhat delayed by the latent heat of ice that is released during this process. As a result, drops, before freezing, have time to spread across an object, forming a solid cover of ice.

The graph of water density dependence on temperature is shown in Pic. 1.

Analysis of the graph of Pic. 1 indicates that when the mass of a substance (water) in a liquid state remains unchanged, its transition to a solid state should invariably lead to an increase in the volume of water in a solid state, and this may cause ice expansion during cooling. The strength of ice is strongly influenced by external conditions – the nature of the loads, the thermal regime, the aggressiveness of the environment, surface effects, etc. Data on the strength characteristics of ice, obtained by researchers in many countries over the previous 100 years, have a large range of values. For example,

compressive strength varies from $4 \cdot 10^5$ to $130 \cdot 10^5$ Pa and more, and bending strength varies from $3 \cdot 10^5$ to $30 \cdot 10^5$ Pa [5, p. 5]. The characteristics of ice are determined by its structure (shape, crystal size, direction of crystal-optical axes, the number of air inclusions, etc.).

Structural bonds in the lattice of ice due to different strength under the influence of loads are broken differently in different crystal-optical directions, i.e. anisotropy of mechanical properties is manifested. The strength of ice depends on temperature, since the mobility of hydrogen atoms decreases with decreasing temperature and the bond between individual crystals increases. The change in the properties of ice depending on temperature is also due to the content of the liquid phase in it. With an increase in temperature, this content increases, which contributes to a decrease in ice strength and a more intense manifestation of plastic properties.

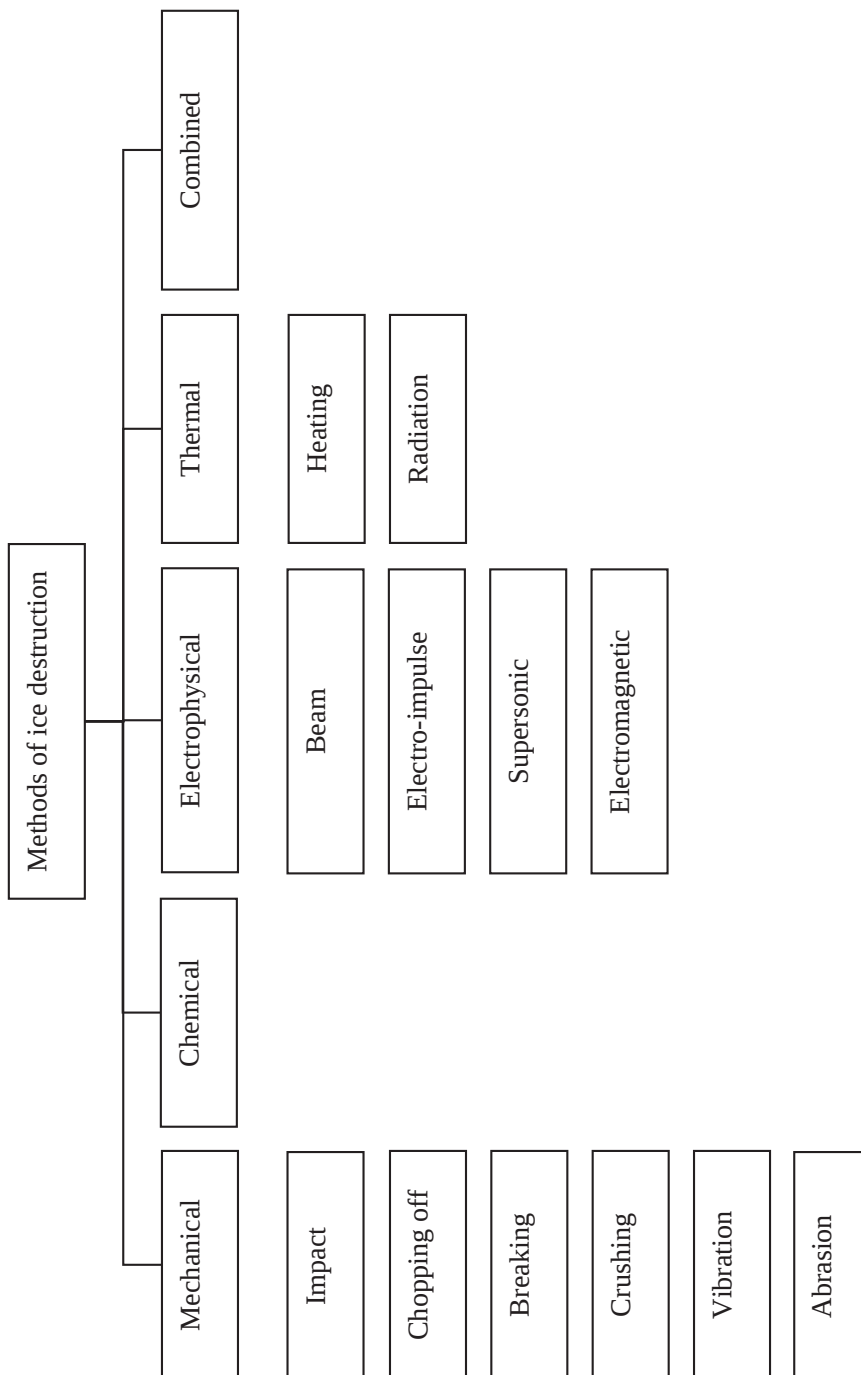
It should be noted that during melting of ice complete destruction of the crystal lattice does not occur immediately. Only a small amount of intermolecular bonds are broken, at 0°C the number of such broken bonds is about 15 %. The remaining molecules retain a crystal-like structure within small areas.

It follows from the above that the choice of methods for de-icing must be made on the basis of its properties and behavior in various conditions.

Classification of methods

When analyzing diversity of technical means designed to combat ice phenomena, it is advisable to combine technical solutions into groups according to the method of influence on ice to be destroyed (see Pic. 2).

The basis of thermal destruction of ice is its ability to melt when it reaches the melting point, but water might be subject to repeated ice formation under certain conditions. It should be noted that the thermal effect on ice is most unfavorable from the standpoint of energy consumption. (For full melting of ice of 1 m^3 volume in 1 hour a power source with a capacity of about 0,1 MW will be required [5, p. 135], which is more than by a hundred times higher than the energy sufficient for melting metals). Nevertheless, thermal methods based on the use of cheap associated energy (for example, waste heat from industrial and ship installations) and the free solar energy can in some cases be economically profitable.



Pic. 2. Classification of de-icing by methods of impact.

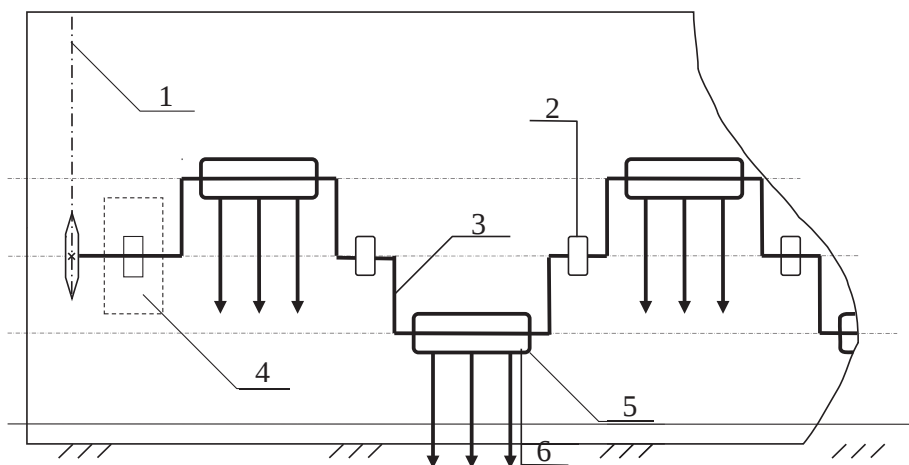
Blackening agents (dark-colored powders with a density of more than one) present a solar-radiation approach to destruction of ice, which does not require energy costs and provides for the maximum use of solar energy to melt ice, reducing its reflectivity. However, the use of blackening is limited in the presence of clouds and precipitation.

The basis of steam and gas-thermal methods is melting of ice using steam, jets of hot water, or the use of air drawn from engine compressors, or air

heated in heat exchangers by exhaust gases circulating in them. The option is of little use in the road sector from the energy point of view. For example, cleaning of a runway with a width of 3,66 m and a length of 1 km from a 15 mm thick ice crust with the help of TG-16 gas turbine engines and Antonov An-26 engines requires 1200 liters of fuel.

Chemical destruction of ice is based on the property of some chemical compounds to form mixtures with ice that have a lower melting point than





Pic. 3. Scheme of the design of the adapter to combat ice: 1 – chain transmission; 2 – coupling; 3 – intermediate crankshaft; 4 – bracket; 5 – impact device; 6 – the back side of the dump surface.

ice itself. Chemicals are introduced into ice, breaking its solidity and thus significantly reducing its strength. The disadvantages include corrosiveness of chemicals and their harm to the environment.

Electrophysical destruction of ice (the use of high-frequency magnetic fields, ultrasound, radiation, lasers) is at the stage of research and development. Most of the projects have not left the stage of experimental research. Electrical impact requires complex thin-walled structures.

Electro-hydraulic tools are based on creation of a high hydraulic pressure by a high-voltage pulsed spark discharge around the discharge zone inside the volume of liquid. The destructive effect of an electrohydraulic impulse is similar to the effect of an equivalent explosive charge of a normal explosive.

High intensity electromagnetic fields in the high and ultrahigh frequency ranges are ineffective in the case of contact heating due to their low thermal conductivity [7, 8]. However, when ice is cut, the imposition of high-frequency elastic vibrations on the cutting tool allows reducing the force on the cutter and increasing the process speed by 1.5–2 times.

Mechanical impact on ice

Different authors [9–12] proposed device for punching ice using impact energy. In this case, the direction of impact is top down or bottom up, perpendicular to the ice surface. A working body, as a rule, is a hammer, whose name depends on the principle of action. The depth of penetration of such a hammer in ice varies from a few centimeters to 2–3 meters. But at the same time the speed of movement of the hammer at the moment of contact with ice must be at least 90 m/s and depends on the technical capabilities of the device. (It was established that the deviation of the direction of impact (hit, strike) on ice surface from the normal direction by an angle of less than 40° leads to a bounce of the working body).

Impact action can be pneumatic, hydraulic, ballistic, vibratory.

An interesting method is destruction of ice by pumping of air (pressure reduction) from the contact zone, which leads to weakening of bonds in the crystal structure of ice.

Breaking tools refer to devices located on ice ships. Ice is cracked upwards due to the original shape

of the stem (e.g. pat. 131283, Norway) or the use of bulbs – a special broadening of the lower part of the bow of the vessel.

Pneumatic tools are aimed at depriving the ice cover of an elastic hydraulic base, when the compressed air supplied to the sub-ice space pushes water away from the lower surface of ice and the ice deprived of support is destroyed by its own weight.

Cutting tools can be divided into two groups: devices with flexible cutting elements and devices with milling working bodies.

These groups include ice chain saws of various modifications (bar, milling machines), which have a simple design and high performance [13, 14]. Their use is advisable in destruction of ice of great thickness. Ice pickers are designed for removal and grinding of ice formations and frozen sediment deposits on roads and sidewalks by milling. Such tractor attachments allow for initial removal of ice formations from the roadway. But complete separation of ice from the pavement occurs only under thaw conditions, at air temperatures below -3°C, the thickness of the ice layer, which is left, is of 10–20 mm.

The use of chopping off tools is based on the property of ice to break down brittly under the action of stress waves of sufficient intensity that can be introduced into ice using either a concentrated dynamic or a slowly applied static load. The intensity of loads must be sufficient for formation of cracks. The specific energy of ice destruction using elastic stress waves is much less than the specific energy of ice destruction by cutting [12, 15].

Drilling devices (borax bolts or core drills (hollow), screw-type drills, cores) break ice using mechanical rotary drilling. The working bodies are cutting tools of various types. Drilling performance depends on the tool design. Under normal conditions, it takes about 5 minutes to drill a 1 m deep hole. When drilling wet ice, the work is hampered, there is a need for several visits to clear ice chips.

Adapter design

We propose an adapter design to combat ice (see Pic. 3). The adapter is a crankshaft consisting of several crankshafts and located on brackets mounted on the back side of the dozer blade. Rotation of the crankshaft is initiated by a chain drive, the driven

sprockets of which are mounted on the end sections of the shaft on both sides. The drive shaft of the chain drive is connected through a reducer to the shaft of the engine of the bulldozer, from which the power is taken. The adapter is switched on by the machinist of the bulldozer from the cab.

The connection of the crankshafts is ensured by means of couplings, which are mounted on two pairs of connected shafts by means of pins through coaxial holes at the end sections of the crankshafts and couplings. The impact device for processing a compacted snow face or ice consists of two half-sleeves connected by bolts, and is mounted on each intermediate crankshaft. The tightening of bolts is adjusted so that free rotation of the inner surface of the yoke relative to the cylindrical surface of the crankshaft is possible. If necessary, between the semi-yoke it is possible to use metal gaskets with a thickness of 0,5–2 mm. Three sleeves with internal thread are welded to the lower half-yoke at the same distance from each other by welding (electric). A hammer is installed (twisted) in each sleeve, the point of which is intended for treating a snow crust by applying periodic blows to it while the crankshaft rotates.

The design of the adapter allows changing the position of intermediate crankshafts relative to each other.

The advantages of the proposed design of the device to combat ice phenomena are:

1. The simplicity of the adapter design allows to assemble it using the required number of intermediate crankshafts by means of couplings with conventional connecting elements, for example, pins.

2. The ability to quickly change the design of the crankshaft, i.e. the relative position of the intermediate crankshafts relative to each other, not only in the plane, but also in space, depending on strength and thickness of ice being processed and its state.

3. The ease and speed of maintenance of the adapter in the process of work by one person (bulldozer driver) during replacement and in case of a breaker failure (7–10 min.).

4. The ability to change the depth of processed snow crust or ice by pushing a hammer in the landing slots.

5. Simplicity and speed of the operation.

6. Safety of production repair work, as when the engine is stopped, the adapter is completely stopped.

Conclusions.

1. The destruction of ice, like any solid body, is associated with the concept of its strength – the property of a material under certain conditions and limits, without being destroyed, to perceive various mechanical loads and uneven effects of physical fields.

2. The strength of ice largely depends on diversity of its structural features. The strength is strongly influenced by external conditions – the nature of the loads, thermal conditions, environmental aggressiveness, surface effects, etc.

3. Snow plowing as most known method to combat ice and snow coasting during winter maintenance of roads is time consuming and expensive, but the mechanical method of breaking ice might become most promising and reliable.

REFERENCES

1. Belyanin, V. S., Romanova, E. K. Life, water molecule and golden proportion [Zhizn, molekula vody i zolotaya propotsiya]. *Nauka i zhizn*, 2004, Iss. 10, pp. 2–9.
2. Maeno, N. The science of ice [Russian title: *Nauka o l'de*]. Moscow, Nauka publ., 1988, 231 p.
3. Voytkovsky, K. F. Mechanical properties of ice [Mekhanicheskie svoistva l'da]. Moscow, USSR Academy of Sciences, 1960, 100 p.
4. Pounder, E. The Physics of Ice [Translated from English]. Moscow, Mir publ., 1967, 189 p.
5. Bogorodsky, V.V., Gavrilov, V.P., Nodoshivin O.A. Ice destruction. Methods, technical means [Razrusheniye l'da. Metody, tekhnicheskie sredstva]. Leningrad, Hydrometeoizdat, publ., 1983, 232 p.
6. Gaydaenko, E. I. The use of ice as the bases of structures [Ispolzovanie l'dov v kachestve osnovanii sooruzhenii]. Novosibirsk, Nauka publ., 1978, 81 p.
7. Misnik, Yu. M., Nekrasov, L. B. Electromechanical destruction of frozen rocks [Elektromekhanicheskoe razrusheniye merzlykh porod]. *Fiziko-tekhnicheskie problem razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 1973, Iss. 5, pp. 27–30.
8. Kassir, G. A., Shperling, V. I., Temnikov, E. M. [et al]. New physical methods for destruction of mineral media [Novye fizicheskie metody razrusheniya mineralnykh sred]. Moscow, Nedra publ., 1970, 423 p.
9. Hydroacoustic buoy for exploring the world ocean. Patent of Russian Federation No. 2005114635. 2005, Kulakov, A.F., Kostromitinov, V.G.
10. Levitsky, V. M. Means for ice destruction [Sredstva dlya razrusheniya l'da]. *Peredovoye opyt i novaya tekhnika*, 1979, Iss. 4, pp. 57–69.
11. Lezin, D. L. Icebreaking consoles [Ledokolnie pristavki]. *Trudy NIIVT*, 1977, Iss. 126, pp. 3–15.
12. Arbatsky, A. V., Voynich, V. G., Solomin, R. G. Manual vibro-impact tools for production of frost-free works [Ruchnie vibroudarnye instrumenty dlya proizvodstva ymoro-zochnykh rabot]. *Trudy NIIVT*, 1977, Iss. 126, pp. 57–62.
13. Namestnikov, V. D., Monzyrev, N. P., Churakov, L. Ya. Mechanization of chipping off of ships and caravans [Mekhanizatsiya skolki sudov i karavanov]. *Trudy NIIVT*, 1976, Iss. 119, pp. 35–39.
14. Nikolaev, A. F. Research and machine complex for development of frozen soils, ice and snow [Issledovaniya i kompleks mashin dlya razrabotki merzlykh gruntov, l'da i snega]. Gorky, 1962, 62 p.
15. Voynich, V. G. Ice destruction by a vibro-impact tool [Razrusheniye l'da vibroudarnym instrumentom]. *Trudy NIIVT*, 1977, Iss. 126, pp. 50–56.
16. Shumsky, P. A. Fundamentals of structural ice science [Osnovy strukturnogo ledovedeniya]. Moscow, AN SSSR, 1955, 491 p. ●

Information about the authors:

Sladkova, Lubov A. – D.Sc. (Eng), professor of the department of Track, construction machines and robotic complexes of Russian University of Transport, Moscow, Russia, rich.cat2012@yandex.ru.

Nekludov, Alexey N. – Ph.D. (Eng), head of the department of Track, construction machines and robotic complexes of Russian University of Transport, Moscow, Russia, nekludov.an@gmail.com.

Kuznetsov, Andrey N. – Ph.D. student of Russian University of Transport, Moscow, Russia, andrey-k92@mail.ru.

Article received 09.10.2018, accepted 17.12.2018.





Регулирование деятельности по обращению с отходами и вторичными ресурсами



Эдуард ЦХОВРЕБОВ
Eduard S. TSKHOVREBOV

Урал НИЯЗГУЛОВ
Ural D. NIYAZGULOV



Regulation of Waste and Secondary Resources Management

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 198)

Среди задач регионального развития постоянно напоминает о себе та, что связана с экологической безопасностью территорий, чистотой и оздоровлением окружающей человека среды. В статье рассмотрены вопросы мониторинга, планирования, организационно-технического, экономического регулирования и повышения эффективности обращения с отходами производства и потребления, а также вторичными материальными ресурсами. Особый акцент делается на их использовании в качестве сырья для выпуска разных видов продукции, изделий и полуфабрикатов бытового назначения и получения энергии.

Ключевые слова: экологическая безопасность, отходы производства и потребления, утилизация отходов, вторичные ресурсы, промышленность, транспортная инфраструктура, мониторинг, система регулирования.

*Цховребов Эдуард Станиславович – кандидат экономических наук, доцент ФГАУ «НИИ «Центр экологической промышленной политики», Мытищи, Московская область, Россия.
Ниязгулов Урал Давлетишевич – кандидат технических наук, профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.*

Ежегодно возрастающие объёмы захоронения промышленных и бытовых отходов всё более усложняют проблемы экологической нагрузки на окружающую среду, создающей серьёзную угрозу жизнедеятельности человека. Этот самодовлеющий фактор диктует необходимость поиска новых научно обоснованных подходов к организации системы сбора, обработки, утилизации отходов, увеличения доли вторичных материальных ресурсов в производственной и иной хозяйственной деятельности [1–3].

ДЕФИЦИТА СТРАТЕГИИ УЖЕ НЕТ

Российская Федерация обладает значительным потенциалом использования вторичных материальных ресурсов (ВМР) в виде регулярно образующихся и накопленных отходов производства и потребления, которые можно характеризовать как возобновляемые сырьевые, материальные и топливно-энергетические ресурсы [4–10]. Однако масштабы и уровень использования различных ВМР отличаются значительной неравномерностью и зависят от ресурсной ценности отходов, экологической ситуации, возникающей при обращении с ними как загрязнителями окру-

жающей среды, от реальных экономических условий, определяющих рентабельность каждого вида хозяйственной деятельности, использующего отходы в качестве ВМР.

Вместе с тем в странах ЕС, Японии уже не одно десятилетие действуют законодательные инструменты и экономические условия для высокого уровня утилизации отходов и привлечения вторичных материальных ресурсов [11, с. 07005; 12, с. 15–20; 13, с. 45–56; 14, с. 265–290, 356–400; 15, с. 68–72; 16, с. 18–40; 17, с. 212–266, 384; 18, с. 1327–1336].

Одной из нерешённых задач на федеральном и региональном уровнях является создание инновационной организационно-правовой и технико-экономической системы, позволяющей минимизировать количество захораниваемых отходов, максимально обеспечив при этом ресурсосбережение, повторное вовлечение в хозяйственный оборот утилизируемых компонентов в виде сырья, материалов, изделий, превращение отходов в источник получения новой продукции, дешёвой энергии.

Значительные проблемы в области планирования, организации и регулирования деятельности по обращению со вторичными ресурсами связаны с недостатком информации об отходах, в том числе об их составе, ресурсной ценности, возможностях производства из них товаров.

Используемая форма федерального статистического наблюдения в области обращения с отходами производства и потребления № 2-ТП (отходы) предназначена главным образом для получения балансовых сведений и решения природоохранных задач. Не осуществляется систематизация данных о движении отходов в отраслях экономики в территориальном разрезе — по субъектам Российской Федерации, экономическим районам, промышленным кластерам. Отсутствуют данные об обработке отходов, предприятиях по утилизации, их местоположении, а также официальная статистическая информация по показателям, характеризующим состояние промышленности в целом, выпуск оборудования, машин, агрегатов по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов производства.

Прорывным документом в этой области, впервые за 25-летний период истории со-

временной России, стала стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года, утверждённая распоряжением правительства Российской Федерации от 25.01.2018 года № 84-р. В документе отраслевого стратегического планирования предусматривается создание фактически новой отрасли промышленности, намечается на перспективу решение значительного блока базовых задач, в первую очередь ресурсосберегающей и отходоперерабатывающей направленности [10, с. 3, 43–46]. И есть основание именно под таким углом зрения оценивать результаты текущих научных исследований и их ожидаемые предложения.

ПРОИЗВОДСТВЕННО-КОММУНАЛЬНЫЕ КЛАСТЕРЫ

Как показали результаты проведённого авторами анализа ситуации в сфере обращения ВМР (в частности, в транспортном и промышленном комплексах, с учётом данных научно-исследовательских работ, проведённых в НИИ «ЦЭПП», Российском университете транспорта и других научных учреждениях), для решения проблемы эффективной организации системы мониторинга, учёта, управления, регулирования обращения с отходами и ВМР требуется достаточно универсальный научно обоснованный подход к созданию целевой инфраструктуры по обработке, утилизации отходов производства и потребления, использованию вторичных материальных ресурсов.

В рамках проведённых исследований нами разработан свой оригинальный методологический принцип планирования состава и разделения труда объектов инфраструктуры отрасли по сбору, утилизации и обезвреживанию отходов, заключающийся в том, что данная инфраструктура формируется в комплексе с источниками образования производственных отходов — промышленными предприятиями, а система обезвреживания, утилизации отходов потребления, включая твёрдые коммунальные, тару, упаковку, — в привязке к промышленной и отходоперерабатывающей отрасли посредством операций по накоплению, раздельному сбору, сортировке, обработке, транспортированию отходов такого рода.





Рис. 1. Комплексная инфраструктура обращения с отходами.

Организация оптимального состава и размещения промышленной инфраструктуры, создание высокотехнологичного производственного процесса переработки отходов во вторичную продукцию, транспортно-логистического комплекса становятся немаловажным фактором построения эффективной комплексной системы обращения с отходами (рис. 1).

С учётом этого в системе формирования инфраструктуры промышленности по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов рассматриваются не только создание новых объектов (экотехнопарков, сортировочных, промышленных комплексов по переработке отходов во вторичное сырьё и продукцию), но и существующая отраслевая инфраструктура: действующие предприятия строительных материалов — потенциальные переработчики — строительных отходов; металлургические производства — металлолома; стекольные заводы — стеклобоя и т.п.

При разработке предлагаемого подхода приняты во внимание оценки экспертного сообщества об эффективности и целесообразности формирования на территории России производственно-коммунальных симбиозов или кластеров для организации региональных и межрегиональных систем обращения с отходами, включающими: мусоросортировочный комплекс (сбор и обработка), промышленный комплекс по обезвреживанию отходов (нейтрализация, высокотемпературный обжиг, пиролиз

и другие методы), производственно-технический комплекс (утилизация, выпуск продукции из вторичного сырья), экотехнопарки (технологии глубокой переработки отходов). Такие кластеры, с точки зрения экономической эффективности, могут размещаться в промышленных центрах с широким спектром различных отраслей и секторов экономики с годовым образованием опасных промышленных отходов не менее 300 тыс. тонн в год, в том числе требующих глубокой переработки и обезвреживания (кислоты, щёлочи, соли тяжёлых металлов, органические, нефтесодержащие, гальванические, не утилизируемые полимерные, ртутьсодержащие и ряд других).

Состав и структура таких образований обуславливаются эффективностью принятых транспортно-логистических решений по накоплению, сбору, обработке, транспортированию, обезвреживанию, утилизации отходов, использованию ВМР; рациональным территориальным совмещением взаимосвязанных предприятий и производств; оптимизацией потоков отходов и вторичного сырья; характером существующей инженерно-технологической инфраструктуры по сбору и хранению отходов.

Узловые центры по сбору и обработке отходов с созданием мусоросортировочных комплексов рационально размещать в районах нахождения предприятий, образующих значительное количество промышлен-

ных отходов, основные группы которых являются одновременно по своему агрегатному состоянию, составу и степени опасности аналогичными утилизируемым фракциям ВМР (предприятия по производству резинотехнических изделий, автопокрышек, шин, полимеров (поливинилхлорид, полиэтилен, полистирол, полипропилен, пластики); деревообрабатывающие, целлюлозно-бумажные комбинаты; стекольные заводы; пищевые комбинаты, металлургия). Многофункциональный сортировочный комплекс должен также содержать систему пунктов сбора отходов потребления на предприятиях и в жилых районах.

Из проведённой экономической оценки следует, что наиболее целесообразным вариантом переработки строительных отходов является размещение перерабатывающего производства таким образом, чтобы материал доставлялся с места образования, проходил первичную обработку (изменение размеров: дробление, измельчение) на отдельно расположенной складской площадке и только после этого подавался на сепарирующую установку. Например, оптимальной технологической схемой переработки строительных отходов (крупногабаритные кусковые отходы стеновых панелей, блоков, межэтажных перекрытий, лестниц, фундаментов из отходов бетона, железобетона, кирпича) могут быть: подготовка материала к первичному дроблению; первичное дробление; отделение металла; отсев мелкой фракции, древесных, пластиковых отходов, очистка мелкой фракции; вторичное дробление (открытый или закрытый циклы); отделение металла; сортировка по фракциям [2, с. 95–110; 4, с. 260–272].

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА

В целях обеспечения эффективной сортировки, сепарации отходов перспективным является формирование сети мусоросортировочных комплексов по сбору, обработке твёрдых коммунальных отходов с выделением из них вторичных ресурсов, а также многофункциональных сортировочных комплексов для сбора на обработку всех видов отходов — производительностью 100–300 тыс. тонн в год. По экспертным оценкам, эффективность выделения

ценных утильных фракций — чёрные и цветные металлы, картон и бумага, полимеры (полиэтилен высокого и низкого давления, полипропилен, полиэтилен-рефталат), стекло — должна составлять не менее 30% от общей массы, при оптимальном плече транспортирования отходов от 30 до 50 км [1, с. 29–31; 2, с. 95–110].

На предприятиях по обезвреживанию, как правило, используются технологии высокотемпературного разложения отходов со значительным (более 75%) уменьшением их массы и объёма (пиролиз, высокотемпературный обжиг, термическая деструкция, плазменная газификация и т.д.). Такие объекты целесообразно размещать в зонах функционирования химической, нефтехимической промышленности со значительным количеством образования отходов 1–4 класса опасности. Для многофункционального комплекса должно обеспечиваться бесперебойное оптимальное цикличное поступление массы отходов на обезвреживание в соответствии с проектной мощностью предприятия за счёт не утилизируемых отходов потребления и промышленных отходов этого региона (района). В процессе всесторонней взвешенной социально-экономической оценки, экологическом обосновании внедрения технологий сжигания полимерных, полимерсодержащих и иных опасных отходов ещё на этапе выбора земельного участка под сооружение объекта, предпроектной стадии и в ходе проектирования создаётся система ограничений, требований и условий в области экологической и санитарно-эпидемиологической безопасности, включающая в себя:

- оптимальный выбор земельного участка под строительство объекта обезвреживания отходов с учётом всех климатических, геологических, ландшафтных, гидрологических и иных особенностей и факторов: преобладающих направлений ветров, уровня залегания грунтовых вод, свойств почвенного покрова, наличия (отсутствия) водосборных бассейнов, рыбохозяйственных водоёмов, редких видов флоры и фауны;

- введение нормативного показателя санитарно-защитной зоны мусоросжигающего завода не менее 20 км от границ населённых пунктов, особо охраняемых природных территорий, 2-й зоны санитар-





ной охраны источников питьевого водоснабжения, охотничьих угодий, объектов сельского хозяйства (полей, садов, пастбищ, выгулов скота и птицы);

- использование неоднократно проверенных временем и практикой применения наилучших технологий очистки выбросов от всех нормируемых видов диоксинов и диоксиноподобных токсикантов, чрезвычайно, высоко- и умеренно токсичных летучих соединений, выделяемых при сжигании, плавлении полимерных и полимерсодержащих материалов;

- организацию последующего использования (изоляция, обезвреживания) остаточных токсичных продуктов горения (топливного шлака, летучей золы) на специально оборудованных объектах в строгом соответствии с экологическим и санитарно-эпидемиологическим законодательством;

- наличие современных систем обеспечения промышленной безопасности, контроля экологической безопасности технологических процессов, мониторинга природной среды (атмосферы, вод, почв, растительности) в санитарно-защитной зоне объекта;

- открытость экологической информации о деятельности объекта обезвреживания отходов и его воздействии на окружающую среду для населения, общественности, органов местного самоуправления и СМИ.

По мнению авторов, основным принципом внедрения мусоросжигания в нашей стране может являться остаточный прин-

цип, при котором на термическое обезвреживание должны поступать только те отходы, которые по экономическим, техническим, экологическим соображениям невозможно утилизировать в результате рециклинга, рекуперации, регенерации.

Экотехнопарки наиболее эффективно использовать в городах с развитой научно-технологической инфраструктурой, наличием высокотехнологичных отраслей экономики со сложным многоплановым составом отходов, включающим отработанные материалы, шламы и химические соединения различного уровня экологической опасности.

Экономическая оценка размещения представленных в анализе объектов промышленности по обработке, утилизации, обезвреживанию отходов на перспективу осуществлена на основе следующих показателей:

- видов и количеств образования отходов производства и потребления, а также уровня их экологической опасности (по федеральному классификационному каталогу отходов);

- промышленной специфики и концентрации производства отраслей экономики по территориальному признаку;

- выпуска продукции в отраслях экономики России на период до 2030 года при различных сценарных условиях;

- норм и нормативов образования отходов на единицу выпускаемой продукции;

- возможности использования отходов в качестве ВМР и вторичного сырья;

- состояния и уровня использования существующих мощностей по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов;
- функционала предприятий отрасли промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов;
- состояния и перспектив развития объектов дорожно-транспортной инфраструктуры (пропускная и провозная способность автомобильных и железных дорог, производственные параметры и показатели работы депо, станций, автостанций, автовокзалов);
- экологической ситуации;
- темпов социально-экономического развития и других факторов.

ВЫВОДЫ

Состояние отходоперерабатывающей отрасли оценено в статье на базе методов математического моделирования, сопоставительного экспертного, квалиметрического, факторного анализа, прогноза размещения производственных объектов обработки, утилизации и обезвреживания отходов на территории субъектов Российской Федерации. В рамках методологического подхода применены нормативный метод прогнозирования образования отходов по удельным показателям, а также экспертный метод оценки показателей.

По мнению авторов, совершенствование системы мониторинга, регулирования, управления, планирования, повышение эффективности экономических и организационно-технических направлений деятельности в области обращения с отходами и вторичными материальными ресурсами помогут решению основополагающих экологических задач, будут способствовать обеспечению экологической безопасности, экономии стратегических запасов природных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цховребов Э. С., Садов А. В. Пути решения проблемы обращения с отходами на уровне региона // Вестник РАЕН.— 2011.— № 5.— С. 29–31.
2. Цховребов Э. С., Величко Е. Г. Научно-методологические подходы к созданию модели комплексной

системы управления потоками строительных отходов // Вестник МГСУ.— 2015.— № 9.— С. 95–110.

3. Цховребов Э. С. Правовые аспекты обеспечения экологической безопасности // ЭКОС.— 2008.— № 3.— С. 13–19.

4. Баришевский Е. В., Величко Е. Г., Цховребов Э. С., Ниязгулов У. Д. Вопросы эколого-экономической оценки инвестиционных проектов по переработке отходов в строительную продукцию // Вестник МГСУ.— 2017.— № 3.— С. 260–272.

5. Шевченко А. С., Ниязгулов У. Д., Цховребов Э. С. Использование ресурсосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии в строительстве // Качество. Инновации. Образование.— 2017.— № 12.— С. 34–40.

6. Алексеев А. А., Карлик А. Е., Махатадзе Л. П. Развитие региональной системы управления вторичными материальными ресурсами: опыт проекта SE500 // Экономика и управление.— 2013.— № 4.— С. 12–18.

7. Сагитов Р. Ф. Пути рационального решения проблемы переработки промышленных вторичных материальных ресурсов в РФ // Известия ОГАУ.— 2015.— № 2.— С. 246–248.

8. Чепига П. Н. Совершенствование управления системой обращения с твёрдыми вторичными материальными ресурсами в Российской Федерации // Проблемы современной экономики.— 2010.— № 4.— С. 45.

9. Звягина А. И. Вторичные сырьевые ресурсы и технологии их использования для производства строительных материалов // Технология машиностроения.— 2007.— № 4.— С. 50–51.

10. Стратегия развития промышленности по обработке, утилизации и обезвреживанию отходов производства и потребления на период до 2030 года. Утв. распоряжением правительства Российской Федерации от 25.01.2018 г. № 84-р.

11. Shevchenko A., Konon N., Tskhovrebov E., Velichko E. Innovative technologies of liquid media treatment in the system of ecological and sanitary-hygienic control of waste landfills / В сб.: Matec Web of Conferences Сер. «International Science Conference SPbWosce-2016 «Smart City».— 2017.— P. 07005.

12. Murray R. Zero waste. London, Greenpeace Environmental Trust.— 2002.— 213 p.

13. Hazardous waste and solid waste / Ed. David H. F. Liu, Béla G. Lipták. — Boca Raton [etc.]: Lewis, cop. 2000.— 273 p.

14. Rao S. R. Resource recovery and recycling from metallurgical wastes. Elsevier B. V., Oxford, UK, 2006.— 558 p.

15. Antrekowitsch J., Steinlechner S. The recycling of heavy-metal-containing wastes: mass balances and economical estimations // JOM 63 (1).— 2011.— pp. 68–72.

16. Measuring the environmental impact of waste management system. Integrated solid waste management tools / University of Waterloo, Canada. — April, 2004.— 45 p.

17. Pistoia G., Wiaux J.-P., Wolsky S. P. Used Battery Collection and Recycling. Industrial chemistry library. — Elsevier Science, 2001.— Vol. 10.— P. 384.

18. Seadon J. K. Integrated waste management-looking beyond the solid waste horizon // Waste management.— 2006.— Vol. 26 (12).— pp. 1327–1336. ●

Координаты авторов: **Цховребов Э. С.** — rebrovstanislav@rambler.ru.
Ниязгулов У. Д. — transgeo@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 30.10.2018, принята к публикации 28.12.2018.



REGULATION OF WASTE AND SECONDARY RESOURCES MANAGEMENT

Tskhovrebov, Eduard S., FSAI Scientific Research Institute «Center for Environmental Industrial Policy», Mytishchi, Moscow region, Russia

Niyazgulov, Ural D., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

Tasks of regional development comprise among core objectives maintenance of ecological safety of the territories, cleanliness and improvement of the human environment. The article deals with issues of monitoring, planning, as well as of technical, economic regulation of processing of waste and secondary

material resources of production and consumption sectors. The approaches to improving of management and efficiency growth in that field are studied. Particular emphasis is placed on the use of waste and secondary resources as of raw material for production of various types of goods, items and semi-finished household products and energy.

Keywords: environmental safety, production and consumption waste, waste management, secondary resources, industry, transport infrastructure, monitoring, regulatory system.

Background. Constantly growing volumes of industrial and household waste disposal increasingly complicate the environmental situation, creating a threat to safe human activities. This factor dictates the need to search for new scientifically based approaches to organization of a system for collecting, processing, recycling, increasing the share of the use of secondary material resources for new production and other economic activities [1–3].

Objective. The objective of the authors is to consider the issues related to regulation management, particularly regarding regional development models, management.

Methods. The authors use general scientific methods, expert assessment, statistical method, evaluation approach, comparative method, factor analysis and forecasting.

Results.

Strategy is not missing anymore

The Russian Federation has a significant potential of the use of secondary material resources (SMR) in the form of regularly generated and accumulated production and consumption wastes, which can be characterized as renewable raw materials, material and fuel and energy resources [4–10]. However, the scale and level of utilization of various SMR is significantly uneven and depends on resource value of waste, ecological situation that arises when it is treated as environmental polluters, and real economic conditions that determine profitability of each type of economic activity using the waste as SMR.

At the same time, in the EU countries, Japan, legislative instruments and economic conditions have been in place for more than a decade for a high level of waste disposal and the attraction of secondary material resources [11, p. 07005; 12, pp. 15–20; 13, pp. 45–56; 14, pp. 265–290, 356–400; 15, pp. 68–72; 16, pp. 18–40; 17, pp. 212–266, 384; 18, pp. 1327–1336].

One of the unresolved tasks at the federal and regional levels is creation of an innovative organizational, legal and technical-economic system, which allows minimizing the amount of stored waste, while at the same time ensuring resource saving, re-engagement of recyclable components in the form of raw materials, materials, products, waste transformation to the source of new products, cheap energy.

Significant problems in the field of planning, organizing and regulating activities for dealing with secondary resources are associated with a lack of information on wastes, including their composition, resource value, and the possibilities for producing goods from them.

The used form of federal statistical observation in the field of industrial and consumer waste

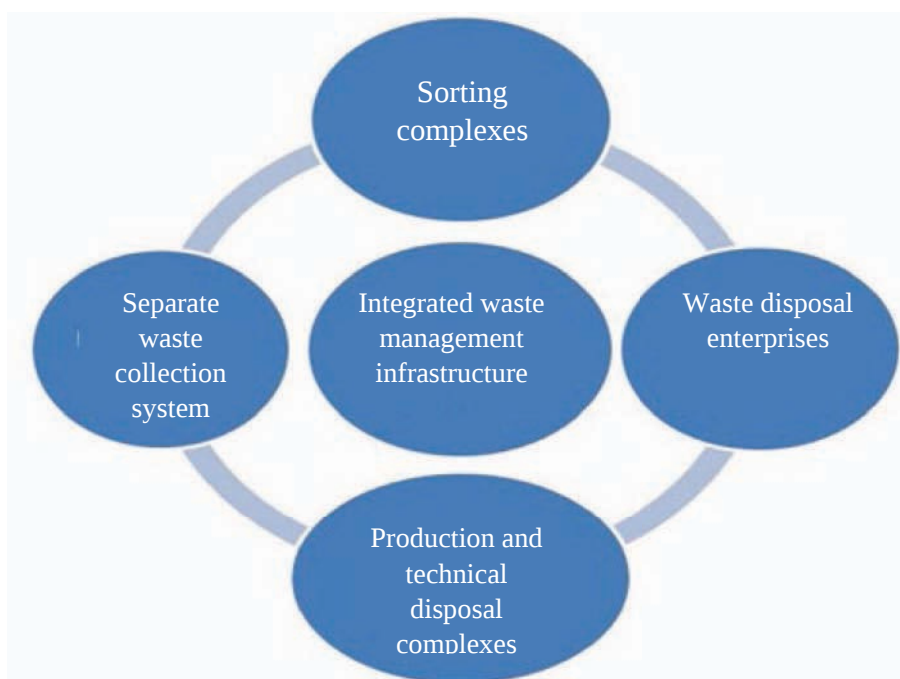
management No. 2-TP (waste) is intended primarily for obtaining balance information and solving environmental problems. There is no systematization of data on movement of waste in economic sectors in the territorial context regarding federal entities of the Russian Federation, economic regions, industrial clusters. There is no data on waste treatment, utilization enterprises, their location, either official statistical information on indicators characterizing the state of the industry as a whole, production of equipment, machines, and aggregates for treatment, recycling, and neutralization of production of wastes.

A breakthrough document in this area, for the first time in the entire quarter-century period of the history of modern Russia, was the industry development strategy for treatment, recycling and disposal of industrial and consumer waste for the period up to 2030, approved by decree of the Government of the Russian Federation of January 25, 2018 No. 84-r. The sectoral strategic planning document provides for creation of a de facto new industry, it is planned for the future to solve a significant block of basic tasks, primarily in resource-saving and waste-processing industry [10, pp. 3, 43–46]. And we can use it as a basis to evaluate the results of current scientific research and expected proposals from just this angle.

Municipal production clusters

As shown by the results of the analysis of the situation in the area of circulation of SMR carried out by the authors (in particular, in the transport and industrial sectors, taking into account the research data carried out at the Scientific and Research Institute Center for Environmental Industrial Policy, Russian University of Transport and other scientific institutions) efficient development of monitoring systems, of accounting, management, regulation of waste management and SMR requires a fairly universal scientifically based approach to creating a targeted infrastructure for treatment, disposal of production and consumption waste, the use of secondary material resources.

As part of our research, we have developed our own original methodological principle of planning the composition and division of labor of infrastructure facilities aimed at collection, recycling and disposal of waste, which consists in the fact that this infrastructure is formed in conjunction with the sources of industrial waste generation which are industrial enterprises, and the system of disposal, utilization of consumption waste, including solid utility, packaging is formed in relation to the industrial and waste-processing industry by means of accumulation, separate collection, sorting, processing, transportation of such waste.



Pic. 1. Integrated waste management infrastructure.

The organization of the optimal composition and location of the industrial infrastructure, creation of a high-tech production process for processing waste into secondary products, and the transport and logistics complex are becoming an important factor in building an effective integrated waste management system (Pic. 1).

Taking this into account, the system of forming the industrial infrastructure for processing, recycling and disposal of waste considers not only creation of new facilities (environmental technology parks, sorting plants, industrial waste treatment facilities for secondary raw materials and products), but also the existing industry infrastructure. Existing enterprises of building materials are potential recyclers of construction waste; metallurgical production – of scrap; glass factories – of cullet, etc.

When developing the proposed approach, we take into account expert community's assessments of efficiency and feasibility of forming production-communal symbiosis or clusters in Russia for organizing regional and interregional waste management systems, including: a waste sorting complex (collection and treatment), an industrial waste disposal facility (neutralization, high-temperature roasting, pyrolysis and other methods), a production and technical complex (utilization, production from secondary raw materials), ecotechnoparks (technologies of deep processing of waste). From the point of view of economic efficiency, such clusters can be located in industrial centers with a wide range of various industries and sectors of the economy with annual generation of hazardous industrial wastes of at least 300 thousand tons per year, including those requiring deep processing and neutralization (acid, alkali, heavy metal salts, organic, oil-containing, electroplating, non-utilizable polymeric, mercury-containing items, and a number of others).

The composition and structure of such formations are determined by effectiveness of transport and logistics decisions on accumulation, collection,

processing, transportation, utilization, use of SMR; by rational territorial combination of interrelated enterprises and industries; optimization of waste streams and flows of secondary raw materials; the nature of the existing engineering and technological infrastructure for collection and storage of waste.

Nodal centers for collection and treatment of waste with creation of waste sorting complexes should be rationally located in areas where enterprises produce a significant amount of industrial waste, the main groups of which are simultaneously in their aggregative state, composition and hazard level similar to recycled SMR fractions (enterprises manufacturing rubber products, tires, polymers (polyvinyl chloride, polyethylene, polystyrene, polypropylene, plastics); woodworking, pulp and paper mills, glass factories, food processing plants, metallurgy). The multifunctional sorting complex should also contain a system of consumption waste collection points at enterprises and in residential areas.

From the economic evaluation, it follows that the most appropriate option for processing construction waste is to place the processing production in such a way that the material is delivered from the place of origin, undergoes primary processing (size change: crushing, grinding) on a separate storage site and only after that is sent to a separating installation. For example, the optimal technological scheme for processing construction waste (large lumpy waste of wall panels, blocks, interfloor ceilings, stairs, foundations from waste concrete, reinforced concrete, bricks) can be: preparing the material for primary crushing; primary crushing; metal separation; screening fines, wood, plastic waste, cleaning fines; secondary crushing (open or closed cycles); metal separation; sorting by fractions [2, pp. 95–110; 4, pp. 260–272].

Optimization of choice

In order to ensure efficient sorting, separation of waste, the formation of a network of waste sorting





complexes for collection, processing of municipal solid waste with extraction of secondary resources from them, as well as multifunctional sorting complexes for collecting all types of waste with a capacity of 100–300 thousand tons per year, is promising. According to expert estimates, the efficiency of extraction of valuable waste fractions – ferrous and non-ferrous metals, cardboard and paper, polymers (high and low pressure polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate), glass – should be at least 30% of the total mass, with an optimal distance of waste transportation from 30 to 50 km [1, pp. 29–31; 2, pp. 95–110].

At disposal enterprises, as a rule, high-temperature decomposition of waste with significant (more than 75 %) reduction of their mass and volume (pyrolysis, high-temperature roasting, thermal destruction, plasma gasification, etc.) is used. Such objects should be placed in the areas of the chemical, petrochemical industry with a significant amount of hazardous waste (belonging to so called hazard classes 1–4 according to Russian standards). For a multifunctional complex, an uninterrupted optimal cyclical supply of a mass of waste for disposal in accordance with the design capacity of the enterprise due to non-utilized consumer waste and industrial waste from this region (district) should be ensured. In the process of comprehensive weighted socio-economic assessment, environmental justification for introduction of polymer, polymer-containing and other hazardous waste combustion technologies at the stage of selecting a land plot for construction of a facility, pre-design stage and during designing a system of restrictions, requirements and conditions in the field of environmental and sanitary epidemiological safety is created, which includes:

- optimal selection of a land plot for construction of a waste disposal facility taking into account all climatic, geological, landscape, hydrological and other features and factors: prevailing wind directions, groundwater level, soil cover properties, presence (absence) of water catchment basins, fishery reservoirs, rare species of flora and fauna;

- introduction of a standard indicator of a sanitary protection zone of a waste-burning plant not less than 20 km from the borders of settlements, specially protected natural territories, the 2nd zone of sanitary protection of drinking water sources, hunting grounds, agricultural objects (fields, orchards, pastures of cattle and birds);

- use of repeatedly tested best technologies for purification of emissions from all standardized types of dioxins and dioxin-like toxicants, extremely, highly and moderately toxic volatile compounds released during combustion, melting of polymeric and polymer-containing materials;

- organization of the subsequent use (isolation, neutralization) of residual toxic combustion products (fuel slag, fly ash) on specially equipped facilities in strict accordance with environmental and sanitary-epidemiological legislation;

- availability of modern systems for ensuring industrial safety, monitoring environmental safety of technological processes, monitoring the natural environment (atmosphere, water, soil, vegetation) in the sanitary protection zone of the facility;

- openness of environmental information on the activities of the waste disposal facility and its impact on the environment for the population, the public, local authorities and the media.

According to the authors, the basic principle of incineration in our country may be the residual principle, under which only waste that cannot be disposed of as a result of recycling, recovery, or regeneration because of thermal, technical, environmental considerations, should be incinerated.

Ecological technoparks are most efficiently used in cities with a developed scientific and technological infrastructure, with high-tech industries with a complex multi-faceted composition of waste, including waste materials, sludge and chemical compounds of various levels of environmental hazard.

The economic assessment of placement of the objects presented in the analysis of the industry for treatment, utilization and disposal of waste for the future was carried out on the basis of the following indicators:

- types and quantities of production and consumption waste generation, as well as the level of

their environmental hazard (according to the federal waste classification catalog);

- industrial specificity and concentration of production of industries of the economy on a territorial basis;

- output in the sectors of the Russian economy for the period up to 2030 under various scenario conditions;

- norms and standards of waste generation per unit of output;

- possibility of using waste as SMR and secondary raw materials;

- state and level of use of existing facilities for processing, recycling and disposal of waste;

- existing functions of enterprises of the industry for processing, recycling and disposal of waste;

- state and prospects of development of road and transport infrastructure facilities (throughput and carrying capacity of roads and railways, production parameters and performance indicators of the depot, stations, bus stations, bus terminals);

- environmental situation;

- rates of social and economic development and other factors.

Conclusions. The state of the waste-processing industry should be assessed, as the article suggests, using mathematical modeling methods, comparative expert, qualimetric, factor analysis, forecast of the location of production facilities for treatment, utilization and disposal of waste in the territories of the Russian Federation. Within the framework of the methodological approach, a regulatory method for predicting waste generation by specific indicators, as well as an expert method for assessing indicators, could be applied.

According to the authors, improving the system of monitoring, regulation, management, planning, improving the economic, organizational and technical activities in the field of waste and secondary material resources management will help to solve fundamental environmental problems, to ensure environmental safety, to maintain natural resources.

REFERENCES

1. Tskhovrebov, E. S., Sadov, A. V. Ways of solving the problem of waste management at the regional level [*Puti resheniya problem obrashcheniya s otkhodami na urovne regiona*]. *Vestnik RAEN*, 2011, Iss. 5, pp. 29–31.

2. Tskhovrebov, E. S., Velichko, E. G. Scientific and methodological approaches to creating a model of an integrated system for managing construction waste flows [*Nauchno-metodologicheskie podkhody k sozdaniyu sistemy upravleniya potokami stroitelnykh otkhodov*]. *Vestnik MGSU*, 2015, Iss. 9, pp. 95–110.

3. Tskhovrebov, E. S. Legal aspects of ensuring environmental safety [*Pravovie aspekty obespecheniya ekologicheskoi bezopasnosti*]. *ECOS*, 2008, Iss. 3, pp. 13–19.

4. Barishevsky, E. V., Velichko, E. G., Tskhovrebov, E. S., Niyazgulov, U. D. Issues of environmental and economic assessment of investment projects with regard to recycling waste into building products [*Voprosy ekologo-ekonomicheskoi otsenki investitsionnykh projektov po pererabotke otkhodov v stroitelnyu produkciiyu*]. *Vestnik MGSU*, 2017, Iss. 3, pp. 260–272.

5. Shevchenko, A. S., Niyazgulov, U. D., Tskhovrebov, E. S. The use of resource-saving technologies and renewable energy sources in construction [*Ispolzovanie resursosberegayushchikh tekhnologii i vozobnovlyaemykh istochnikov energii v stroitelstve*]. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie*, 2017, Iss. 12, pp. 34–40.

6. Alekseev, A. A., Karlik, A. E., Makhatadze, L. P. Development of a regional management system for secondary material resources management: the experience of SE500 project [*Razvitie regionalnoi sistemy upravleniya vtorichnymi materialnymi resursami: opyt projekta SE500*]. *Ekonomika i upravlenie*, 2013, Iss. 4, pp. 12–18.

7. Sagitov, R. F. Ways of a rational solution of the problem of processing industrial secondary material resources in the Russian Federation [*Puti ratsionalnogo resheniya problemy pererabotki promyshlennykh vtorichnykh materialnykh resursov v RF*]. *Izvestiya OGAU*, 2015, Iss. 2, pp. 246–248.

8. Chepiga, P. N. Improving the management of the system of handling of solid secondary material resources in the Russian Federation [*Sovershenstvovanie upravleniya sistemoi obrashcheniya s tverdyimi vtorichnymi materialnymi resursami v Rossiiskoi Federatsii*]. *Problemy sovremennoi ekonomiki*, 2010, Iss. 4, pp. 45.

9. Zvyagina, A. I. Secondary raw materials and technologies for their use for production of building materials [*Vtorichnie syr'evie resursy i tekhnologii ikh ispolzovaniya dlya proizvodstva stroitelnykh materialov*]. *Tekhnologiya mashinostroeniya*, 2007, Iss. 4, pp. 50–51.

10. The development strategy of the industry for treatment, utilization and disposal of industrial and consumption waste for the period up to 2030, approved by Decree of the Government of the Russian Federation of January 25, 2017 No. 84-r [*Strategiya razvitiya promyshlennosti po obrabotke, utilizatsii i obezvrezhivaniyu otkhofov proizvodstva i potrebleniya na period do 2030 goda, utv. Rasporyazheniem Pravitelstva Rossiiskoi Federatsii ot 25.01.2018 № 84-r*].

11. Shevchenko, A., Konon, N., Tskhovrebov, E., Velichko, E. Innovative technologies of liquid media treatment in the system of ecological and sanitary-hygienic control of waste landfills. In.: *Matec Web of Conferences «International Science Conference SPhWosce-2016 «Smart City»*, 2017, p. 07005.

12. Murray, R. Zero waste. London, Greenpeace Environmental Trust, 2002, 213 p.

13. Hazardous waste and solid waste. Ed. David H. F. Liu, Béla G. Lipták. Lewis publishers, Boca Raton, London, N.Y., Washington, 2000, 273 p.

14. Rao, S. R. Resource recovery and recycling from metallurgical wastes. Volume 7. Elsevier, 2006, 558 p.

15. Antrekowitsch, J., Steinlechner, S. The recycling of heavy-metal-containing wastes: mass balances and economical estimations. *JOM* 63 (1), 2011, pp. 68–72.

16. Measuring the environmental impact of waste management system. Integrated solid waste management tools. University of Waterloo, Canada. April, 2004, 45 p.

17. Pistoia, G., Wiaux, J.-P., Wolsky, S. P. Used Battery Collection and Recycling. Industrial chemistry library. Elsevier Science, 2001, Vol. 10, 372 p.

18. Seadon, J. K. Integrated waste management-looking beyond the solid waste horizon. *Waste management*, 2006, Vol. 26 (12), pp. 1327–1336. ●

Information about the authors:

Tskhovrebov, Eduard S. – Ph.D. (Economics), associate professor of FSAI Scientific Research Institute «Center for Environmental Industrial Policy», Mytishchi, Moscow region, Russia, rebrovstanislav@rambler.ru.

Niyazgulov, Ural D. – Ph.D. (Eng), professor of Russian University of Transport, Moscow, Russia, transgeo@yandex.ru.

Article received 30.10.2018, accepted 28.12.2018.





ЭКОЛОГИЧНЫЕ ШПАЛЫ ДЛЯ МОСКОВСКОГО ТРАМВАЯ

Экологичные и долговечные: шпалы из переработанного пластика уложат ещё на 22 участках трамвайных линий в Москве.

В 2018 году в столице появилось почти 10 километров путей со шпалами из композитных материалов. Это помогло сохранить около 1400 деревьев. Кроме того, деревянные шпалы пропитывают каменноугольной смолой, чтобы они не гнили. Смола содержит вредные вещества, которые негативно влияют на окружающую среду. Но даже с пропиткой такие шпалы служат только 10 лет.

«При развитии транспорта и транспортной инфраструктуры город руководствуется не только повышением надёжности, безопасности и комфорта поездок. Большое внимание уделяется экологическому фактору. В прошлом году был сделан ещё один шаг в этом направлении — девять участков трамвайных путей в разных районах города оснастили шпалами из вторичного пластика», — рассказал директор МосТрансПроекта Александр Поляков.

Укладка шпал из переработанного пластика — это экологичная технология, позволяющая сократить использование древесины и сохранить деревья. Она применяется в странах Европы и Азии, а также в США и Канаде.

Новая технология также позволяет дать повторное применение пластику. Его переработка



помогает решить проблему с утилизацией твёрдых бытовых отходов.

Шпалы из вторичного пластика отличаются особой прочностью и износостойкостью, меньше подвержены повреждениям.

За последние восемь лет в столице отремонтировали больше половины трамвайных путей — свыше 220 километров из 418. Только в 2018-м обновили почти 20 километров рельсов.

На основе информации
веб-сайта мэрии Москвы

<https://www.mos.ru/news/item/50423073> ●

ECO-FRIENDLY SLEEPERS FOR MOSCOW TRAM

Eco-friendly and durable sleepers made of recycled plastics will be laid at 22 more sections of tram lines in Moscow.

Almost 10 kilometers of tram tracks with ties made of composite materials appeared in Moscow in 2018. It helped to save 1400 trees. Also it should be noted that wood sleepers are impregnated with coal tar to prevent rotting. The tar contains harmful agents that have negative impact on environment. But even been impregnated those ties serve for only 10 years.

The director of Moscow transport design institute MosTransProject Alexander Polyakov told that while developing transport and transport infrastructure, the city is guided by environmental factors as well as by safety, security and comfort of travel. 9 tram sections in different districts were equipped with ties made of recycled plastics last year, that marked a new step in that direction.

Laying of sleepers made of recycled plastics is an eco-friendly technology allowing to reduce the use of wood and to save trees. It is applied in European and Asian countries as well as in the United States and Canada.

The new technology also permit to use plastics for the second time. The recycling of plastics helps to solve the problem of solid wastes.

Ties made of recycled plastics are more durable, and wear and damage resistant.

The city of Moscow has repaired more than half of tram tracks for the last 8 years, 220 kilometers of 418. 20 kilometers of tracks were renewed in 2018.

Based on the information of the Moscow
Mayor official website: <https://www.mos.ru/news/item/50423073> ●



**ЛЁТНЫЙ
ЭКИПАЖ 204**

*Соционическая модель
и оценка взаимодействия.*

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ
РЕСУРС 216**

*Идентичность
как немонетарная
форма мотивации.*

**ВЬЕТНАМСКИЙ
КУРС 224**

Две страны – одна цель.

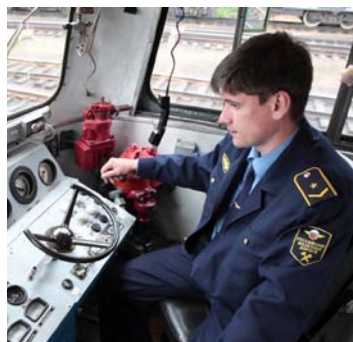


**AIRCRAFT
CREW 204**

*Socionic model and interaction
assessment.*

**HUMAN
RESOURCES 216**

*Identity as non-monetary form
of motivation.*



**VIETNAMESE
COURSE 224**

*Two countries with the single
objective.*

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ • HRM, EDUCATION & TRAINING





Прогностический критерий эффективности взаимодействия в экипаже



Алексей МАЛИШЕВСКИЙ
Alexey V. MALISHEVSKY

Ольга АРИНИЧЕВА
Olga V. ARINICHEVA



Малишевский Алексей Валерьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры лётной эксплуатации и профессионального обучения авиационного персонала Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации (СПбГУ ГА), Санкт-Петербург, Россия.
Ариничева Ольга Викторовна — кандидат технических наук, доцент кафедры лётной эксплуатации и профессионального обучения авиационного персонала СПбГУ ГА, Санкт-Петербург, Россия.

Prognostic Criterion of Effectiveness of Crewmember Interaction

(текст статьи на англ. яз. —
English text of the article — p. 210)

Анализируются результаты экспериментов, которые проводятся авторами с 2004 года совместно с профессиональными пилотами и студентами Университета гражданской авиации. Целью исследования является изучение возможностей соционической модели интертипных отношений для оценки взаимодействия в двухчленном экипаже летательного аппарата с применением комплексного соционического критерия эффективности и данных косвенной социометрии. Приводятся статистические критериальные зависимости. Статья продолжает ранее начатую тему (см. «МТ», 2014, № 5; 2016, № 1; 2017, № 3).

Ключевые слова: гражданская авиация, экипаж летательного аппарата, взаимодействие пилотов, интертипные отношения, социометрия, управление ресурсами экипажа.

Большинство всех резонансных авиакатастроф последнего времени имеют в качестве главной или сопутствующей причины — нарушение взаимодействия в экипаже. Наглядным примером может служить катастрофа самолёта Ан-148-100В авиакомпании «Саратовские авиалинии», выполнявшего рейс 6W703 из Москвы в Орск 11 февраля 2018 года. По данным расследования вскоре после взлёта внимание пилотов было привлечено к отличающимся и при этом критически низким показаниям скорости на приборах; командир летательного аппарата (ЛА) пытался добиться изменения ситуации путём введения самолёта в пике, в то время как второй пилот указывал на недопустимость таких действий. Возникло понятное психоэмоциональное напряжение, на записи речевого самописца слышна ругань. В результате попытки что-то исправить оказались безуспешными вплоть до столкновения с землёй.

Характерными примерами подобных нарушений взаимодействия были также катастрофы самолётов Ту-134 (г. Иваново, 27.08.1992) [1], Ту-154 (г. Иркутск, 04.07.2001) [2], Ту-154 (п. Сухая Балка, 22.08.2006) [3], Boeing 737 (г. Пермь, 13.09.2008) [4], Ту-154 (г. Домодедово, 04.12.2010) [5], Ту-134 (г. Пет-

розоводск, 20.06.2011) [6], Як-42 (г. Ярославль, 07.09.2011) [7, с. 195–196, 221].

Авторами в работах [8, 9] рассмотрены некоторые возможные пути снижения негативного влияния человеческого фактора на безопасность полётов, включая и повышение эффективности взаимодействия в экипаже ЛА. В данной статье, как и ряде других [10–18], исследуется вопрос оценки эффективности взаимодействия в экипаже ЛА на основе соционического подхода, то есть с использованием теории интертипных отношений (ИО). При этом, поскольку речь идёт о соционике, естественно, учитывается только информационный аспект взаимодействия между людьми.

Впрочем, результаты исследований, опубликованные в [12–18], носят несколько противоречивый характер. Так, например, при использовании ИО, предложенных В. В. Гуленко [19], в работах [15–18] было однозначно выявлено только негативное влияние несовпадения у испытуемых рационального и иррационального начал, т.е. несовпадения по психологической дихотомии «рациональность–иррациональность» (Р/И). Однако, как было впоследствии показано [12–14], ситуация оказалась существенно сложнее.

Из современных взглядов на теорию ИО наиболее продуктивными нам представляются некоторые идеи Г. А. Шульмана [20, с. 35–49], который первым высказал крайне логичную, по нашему мнению, мысль о том, что ИО существует отнюдь не 16, а значительно больше. Сам Шульман насчитывал 256 ИО и необоснованно, на наш взгляд, приписывал авторство данной идеи А. Аугустинавичюте [20, с. 37]. Однако же, учитывая, что исходя из обычного здравого смысла отношения, например, этико-сенсорного экстраверта с интуитивно-логическим интровертом это абсолютно то же самое, что отношения интуитивно-логического интроверта с этико-сенсорным экстравертом, ИО будет всё-таки 136.

В работе [13] для каждой из 1946 пар участников проведённых авторами многочисленных экспериментов по методике из [21] была рассчитана соционическая модель интертипных отношений (СМИО) с использованием ИО Гуленко–Шульмана (в [21, с. 221] она названа СМИО (ГШ)). В зависимости от знака и величины полученных в этих экспериментах коэффициентов кор-

реляции между соответствующей составляющей СМИО (ГШ) и суммарной нормативностью в паре, рассчитанной по методике А. М. Эткинда [22], каждому случаю ИО присваивался ранг от 1 до 136. При суммировании ранги 16 тождественных ИО учитывались однократно, а ранги всех прочих ИО удваивались.

Было исследовано предположение о том, что нужно учитывать не только совпадение либо несовпадение по той или иной психологической дихотомии (ПД), но и то, какие именно психологические функции или установки совпали. В этом случае мы имеем не $16 = 2 \times 2 \times 2 \times 2$ ИО, а $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ ИО, причём количество, так сказать, исходных интертипных отношений по Шульману в каждом из ИО 81 типа не одинаково. Поэтому в [13, с. 39] рассчитывалась не сумма рангов, а средний ранг по группе однотипных ИО с учётом их количества.

Ожидаемо, с точки зрения теоретических предположений, высказанных в монографии [21, с. 229], и результатов, полученных в статьях [15, с. 222–223; 17, с. 112; 18, с. 31], оказалось, что несовпадение по ПД Р/И однозначно хуже, чем совпадение хоть по рациональности, хоть по иррациональности при любых сочетаниях совпадения или несовпадения по всем остальным ПД. А вот совпадение по рациональности было лучше, чем совпадение по иррациональности в случаях совпадения по интроверсии, этике и интуиции. Но самый теоретически неожиданный результат получился по дихотомии экстраверсия–интроверсия (Э/И). При любых сочетаниях совпадения или несовпадения по всем остальным ПД совпадение по экстраверсии было лучше несовпадения по ПД Э/И, а оно в свою очередь – лучше совпадения по интроверсии.

Для проверки выводов, полученных в [13], в работе [12] были исследованы две группы испытуемых. Одна из 823 пар, составленных из 81 человека, а другая из 895 пар, составленных из 72 человек. При этом полученные результаты совпали с прежними результатами далеко не во всём.

Наиболее интересен, пожалуй, вариант по ПД Э/И. Так, в первой группе в 100 % случаев совпадение по экстраверсии лучше несовпадения по ПД Э/И, но то в свою очередь лучше, чем совпадение по интроверсии. Во второй группе результат практически тот



Таблица 1

Средний ранг ИО в зависимости от совпадения или несовпадения по отдельным ПД для 780 пар с учётом их суммарной нормативности

		ПД Э/И			ПД Л/Э			ПД С/И			ПД Р/И		
		Совпадение по экстраверсии	Несовпадение по ПД Э/И	Совпадение по интроверсии	Совпадение по логике	Несовпадение по ПД Л/Э	Совпадение по этике	Совпадение по сенсорике	Несовпадение по ПД С/И	Совпадение по интуиции	Совпадение по рациональности	Несовпадение по ПД Р/И	Совпадение по иррациональности
ПД Э/И	Совпадение по экстраверсии				54,25	63,06	62,94	48,69	60,19	74,25	108,56	66,44	9,88
	Несовпадение по ПД Э/И				67,69	73,44	71,81	59,63	71,09	84,56	110,38	79,94	16,13
	Совпадение по интроверсии				73,38	73,25	67,56	57,13	71,69	86,94	99,25	78,94	30,31
ПД Л/Э	Совпадение по логике	54,25	67,69	73,38				51,13	64,63	86,63	87,19	77,44	20,94
	Несовпадение по ПД Л/Э	63,06	73,44	73,25				57,63	70,47	84,63	109,88	77,59	18,13
	Совпадение по этике	62,94	71,81	67,56				58,69	68,50	78,44	121,63	68,63	15,25
ПД С/И	Совпадение по сенсорике	48,69	59,63	57,13	51,13	57,63	58,69				97,75	56,69	13,94
	Несовпадение по ПД С/И	60,19	71,09	71,69	64,63	70,47	68,50				108,06	75,00	16,00
	Совпадение по интуиции	74,25	84,56	86,94	82,63	84,63	78,44				114,69	94,56	26,50
ПД Р/И	Совпадение по рациональности	108,56	110,38	99,25	87,19	109,88	121,63	97,75	108,06	114,69			
	Несовпадение по ПД Р/И	66,44	79,94	78,94	77,44	77,59	68,63	56,69	75,00	94,56			
	Совпадение по иррациональности	9,88	16,13	30,31	20,94	18,13	15,25	13,94	16,00	26,50			

же, за исключением двух случаев: совпадение по интроверсии при совпадении по этике лучше, чем несовпадение по ПД Э/И, но хуже, чем совпадение по экстраверсии, а также при совпадении по рациональности, совпадение по экстраверсии и интроверсии одинаково лучше несовпадения по ПД Э/И. В первой группе также в 100 % случаев совпадение по логике лучше несовпадения по ПД логика—этика (Л/Э), но оно уже лучше, чем совпадение по этике. Во второй группе такая картина наблюдается только в четырёх случаях из девяти. В трёх случаях обратная картина и ещё в двух совпадение по логике лучше, чем совпадение по этике, а оно, в свою очередь, лучше несовпадения по ПД Л/Э. И в «старом», и в «новом» экспериментах в 100 % случаев совпадение по сенсорике оказалось лучше несовпадения по ПД сенсорика—интуиция (С/И), но то оказалось лучше, чем совпадение по интуиции.

Наибольшие расхождения между двумя экспериментами зафиксированы по ПД Р/И. В «новом» несовпадение по ПД Р/И в 100 % случаев оказалось лучше совпадения по рациональности. А вот в «старом» при совпадениях по интроверсии и интуиции совпадение по рациональности лучше совпадения

по иррациональности и в 100 % случаев несовпадение по ПД Р/И хуже совпадения.

Делать какие-либо однозначные заключения, видимо, преждевременно, но, учитывая достаточно большие и примерно одинаковые по объёму и составу непересекающиеся выборки, с определённой уверенностью можно говорить о том, что гипотеза в монографии [21] о превосходстве тождественных ИО не подтвердилась. Картина явно сложнее.

Для уточнения складывающейся картины была исследована ещё одна выборка из 780 пар, составленных из 40 пилотов-выпускников [23, с. 21–28]. Эта выборка интересна тем, что кроме данных о суммарной нормативности (N) для каждой пары по методике А. М. Эткинды [22, с. 110–114] была рассчитана и суммарная валентность (V). Результаты расчёта среднего ранга по группе одностипных ИО с учётом их количества, также как это было сделано и в [12, 13], приведены в таблицах 1 и 2. (Авторы [23] этих расчётов не производили). Расчёт рангов нами выполнялся, исходя из коэффициентов корреляции между соответствующей составляющей СМНО (ГШ), а также:

- суммарной в паре нормативностью N (для таблицы 1);

Таблица 2

Средний ранг ИО в зависимости от совпадения или несовпадения по отдельным ПД для 780 пар с учётом их суммарной валентности

		ПД Э/И			ПД Л/Э			ПД С/И			ПД Р/И		
		Совпадение по экстраверсии	Несовпадение по ПД Э/И	Совпадение по интроверсии	Совпадение по логике	Несовпадение по ПД Л/Э	Совпадение по этике	Совпадение по сенсорике	Несовпадение по ПД С/И	Совпадение по интуиции	Совпадение по рациональности	Несовпадение по ПД Р/И	Совпадение по иррациональности
ПД Э/И	Совпадение по экстраверсии				68,50	75,13	77,13	57,56	74,25	89,81	125,13	80,06	10,63
	Несовпадение по ПД Э/И				66,94	72,97	73,06	55,81	71,66	86,81	120,31	73,00	19,63
	Совпадение по интроверсии				53,94	59,56	59,38	47,81	57,06	70,50	102,44	52,88	24,25
ПД Л/Э	Совпадение по логике	68,50	66,94	53,94				48,56	63,88	80,00	107,19	70,19	8,75
	Несовпадение по ПД Л/Э	75,13	72,97	59,56				55,75	69,81	85,25	119,13	71,25	19,00
	Совпадение по этике	77,13	73,06	59,38				56,94	71,13	83,44	122,75	66,25	27,38
ПД С/И	Совпадение по сенсорике	57,56	55,81	47,81	48,56	55,75	56,94				106,69	48,69	12,94
	Несовпадение по ПД С/И	74,25	71,66	57,06	63,88	69,81	71,13				118,25	69,63	17,13
	Совпадение по интуиции	89,81	86,81	70,50	80,00	85,25	83,44				125,00	91,00	26,94
ПД Р/И	Совпадение по рациональности	125,13	120,31	102,44	107,19	119,13	122,75	106,69	118,25	125,00			
	Несовпадение по ПД Р/И	80,06	73,00	52,88	70,19	71,25	66,25	48,69	69,63	91,00			
	Совпадение по иррациональности	10,63	19,63	24,25	8,75	19,00	27,38	12,94	17,13	26,94			

• суммарной в паре валентностью V (для таблицы 2).

В 100 % случаев, как и для выборки из работы [12], совпадение по иррациональности оказалось лучше и несовпадения по ПД Р/И, но то в свою очередь оказалось лучше, чем совпадение по рациональности. Причём этот результат справедлив и для нормативности, и валентности.

Для ПД С/И и в [12], и в [21], и в рассматриваемом эксперименте из [23] (как для валентности, так и нормативности) в 100 % случаев справедливо, что совпадение по сенсорике оказалось лучше несовпадения по ПД С/И, а то лучше, чем совпадение по интуиции.

С ПД Э/И всё не столь однозначно. Если для работы [21] в 100 % случаев справедливо, что совпадение по экстраверсии лучше несовпадения по ПД Э/И, но то, в свою очередь, лучше, чем совпадение по интроверсии, то для [12] это будет справедливо только в 78 % случаев, хотя совпадение по экстраверсии лучшее в 100 % случаев. Для эксперимента из [23], если взять нормативность (см. таблицу 1), выявленная закономерность в целом сохраняется. В 89 % случаев совпадение по экстраверсии лучшее и только в одном

случае, при совпадении по рациональности, лучшим будет совпадение по интроверсии. При этом в 44 % случаев имеющаяся здесь закономерность полностью повторяет свой аналог из работы [21, с. 229]. А вот если взять валентность (см. таблицу 2), то здесь закономерность получается фактически прямо противоположной: в 89 % случаев совпадение по интроверсии оказалось лучше несовпадения по ПД Э/И, а то, в свою очередь, лучше, чем совпадение по экстраверсии, и только в одном случае, при совпадении по иррациональности, всё было с точностью до наоборот.

Для ПД Л/Э ситуация наиболее сложная. Если в эксперименте из [21] для 100 % случаев совпадение по логике лучше несовпадения по ПД Л/Э, а то опять же лучше, чем совпадение по этике, то для всех прочих экспериментов закономерностей практически нет (особенно для результатов из таблицы 1).

В таблице 3 в 256 четырёхзначных обозначениях ИО в порядке очередности расположены символы, относящиеся соответственно к ПД Э/И, Л/Э, С/И и Р/И, при этом символ «L» означает совпадение в данном ИО по таким свойствам, как



Предлагаемая таблица модифицированных интертипных отношений на базе СМНО (ГШ) [21]

ТИМ																
	1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001	0000
	LLLL	LLLP	LLPL	LLPP	LPLL	LPLP	LPPL	LPPP	PLLL	PLLP	PLPL	PLPP	PPLL	PPLP	PPPL	PPPP
1111	LLLL	LLLL	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO
1110	LLLL	LLLO	LLLP	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO
1101	LLPL	LLLO	LLLO	LLPL	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO
1100	LLPP	LLLO	LLLO	LLPP	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO	LLLO
1011	LPLL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL
1010	LPLP	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL
1001	LPPL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL
1000	LPPP	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOL
0111	PLLL	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO
0110	PLLP	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO
0101	PLPL	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO
0100	PLPP	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO
0011	PPLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL
0010	PPLP	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL
0001	PPPL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL
0000	PPPP	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL	POLL

Таблица 4

Коэффициенты (η) для расчёта прогностического соционического критерия эффективности взаимодействия ($\Upsilon_{ГШ01}$)

ТИМ		1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001	0000
		LLLL	LLLP	LLPL	LLPP	LPLL	LPLP	LPPL	LPPP	PLLL	PLLP	PLPL	PLPP	PPLL	PPLP	PPPL	PPPP
1111	LLLL	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0
1110	LLLP	+2	+4	+1	+3	+2	+4	+1	+3	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2
1101	LLPL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1
1100	LLPP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1
1011	LPLL	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0
1010	LPLP	+2	+4	+1	+3	+2	+4	+1	+3	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2
1001	LPPL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1
1000	LPPP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1
0111	PLLL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1
0110	PLLP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1
0101	PLPL	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1	-3	-1	-4	-2	-3	-1	-4	-2
0100	PLPP	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0
0011	PPLL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1
0010	PPLP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1
0001	PPPL	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1	-3	-1	-4	-2	-3	-1	-4	-2
0000	PPPP	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0

экстраверсия, логика, сенсорика и рациональность, символ «Р» – совпадение по таким свойствам, как интроверсия, этика, интуиция и иррациональность, а символ «О» – несовпадение свойств по соответствующей ПД.

Исходя из изложенных ранее соображений, в таблице 4 представлены возможные коэффициенты для каждого из ИО для расчёта прогностического соционического критерия эффективности взаимодействия $\Upsilon_{ГШ01}$.

Прогностический соционический критерий $\Upsilon_{ГШ01}$ аналогичен предлагавшимся ранее прогностическим критериям $\mathfrak{z}$ на базе ИО

А. Аугустинавичюте [21, 24] или же $\mathfrak{z}_{02}, \mathfrak{z}_{03}, \mathfrak{z}_{04}$ – на базе ИО В. В. Гуленко [16–18] и определяется формулой:

$$\Upsilon_{ГШ01} = \sum_{i=1}^{256} (\eta_i \mu_i),$$

где μ_i – составляющая СМНО (ГШ); η_i – коэффициент из таблицы 4.

Выводы

Разработка достаточно адекватного прогностического соционического критерия эффективности взаимодействия остаётся актуальной задачей, но требует дальнейших исследований, поскольку полученные результаты пока неоднозначны. Применитель-

но к лётному экипажу это тем более важно, ибо характер отношений между людьми, ответственными за жизнь пассажиров воздушного судна, подлежит особо строгой оценке. И профессиональной, и просто человеческой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катастрофа Ту-134А Ивановского авиапредприятия в районе а/п Иваново // *Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России: факты, история, статистика. 2006–2018.* [Электронный ресурс]: <http://www.airdisaster.ru/database.php?id=90>. Доступ 01.11.2018.

2. Министерство транспорта Российской Федерации. Распоряжение от 13 декабря 2001 г. № НА-434-р об авиационном происшествии с самолётом Ту-154М RA-85845 // *Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России: факты, история, статистика. 2006–2018.* [Электронный ресурс]: <http://www.airdisaster.ru/reports.php?id=9>. Доступ 01.11.2018.

3. Окончательный отчёт по результатам расследования авиационного происшествия с самолётом Ту-154М RA85185 авиакомпании «Пулков» 22.08.2006 в районе п. Сухая балка Константиновского района Донецкой области, Украина: утв. зам. пред. Межгос. авиац. комитета — пред. комиссии по расслед. авиац. происшествий А. Н. Морозовым 12.02.2007. — М.: МАК, 2007. — 143 с.

4. Окончательный отчёт по результатам расследования авиационного происшествия / Боинг-737–500 VP-BKO 14.09.2008 / Межгосударственный авиационный комитет. 29.05.2009. [Электронный ресурс]: https://mak-iac.org/upload/iblock/c2d/vp-bko_report.pdf. Доступ 01.11.2018.

5. Окончательный отчёт по результатам расследования авиационного происшествия / Ту-154М RA-85744 04.12.2010 / Межгосударственный авиационный комитет. 20.09.2011. [Электронный ресурс]: https://mak-iac.org/upload/iblock/7c8/report_ra-85744.pdf. Доступ 01.11.2018.

6. Окончательный отчёт по результатам расследования авиационного происшествия / Ту-134 RA-65691 20.06.2011 / Межгосударственный авиационный комитет. 19.09.2011. [Электронный ресурс]: https://mak-iac.org/upload/iblock/bb2/report_ra-65691.pdf. Доступ 01.11.2018.

7. Окончательный отчёт по результатам расследования авиационного происшествия / Як-42 RA-42434 07.09.2011 / Межгосударственный авиационный комитет. 02.11.2012. [Электронный ресурс]: https://mak-iac.org/upload/iblock/b75/report_ra-42434.pdf. Доступ 01.11.2018.

8. Малишевский А. В., Власов Е. В., Каймакова Е. М. Возможные пути решения проблемы снижения негативного влияния человеческого фактора в чрезвычайных ситуациях на транспорте // *Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях.* — 2015. — № 1. — С. 108–114.

9. Малишевский А. В., Ариничева О. В., Власов Е. В. Возможные пути решения проблемы снижения негативного влияния человеческого фактора на безопас-

ность полётов // *Транспорт: наука, техника, управление.* — 2016. — № 2. — С. 12–20.

10. Ариничева О. В., Малишевский А. В., Шкунтик М. С. Подготовительные аспекты к решению проблемы оценки эффективности взаимодействия в паре // *Вестник СПбГУ ГА.* — 2018. — № 1. — С. 18–29.

11. Ариничева О. В., Лангуев Е. Э., Малишевский А. В., Шкунтик М. С. Дополнительные подготовительные аспекты к решению проблемы оценки эффективности взаимодействия в паре // *Вестник СПбГУ ГА.* — 2018. — № 2. — С. 5–14.

12. Малишевский А. В. Интертипные отношения в экипаже // *Мир транспорта.* — 2017. — № 3. — С. 222–233.

13. Малишевский А. В. Исследование возможностей использования интертипных отношений в целях оценки эффективности взаимодействия в экипаже воздушного судна // *Транспорт: наука, техника, управление.* — 2017. — № 6. — С. 37–41.

14. Малишевский А. В. Вопросы оценки эффективности взаимодействия в экипаже воздушного судна с использованием интертипных отношений Г. А. Шульмана — В. В. Гуленко // *Вестник СПбГУ ГА.* — 2017. — № 1. — С. 24–38.

15. Ариничева О. В., Малишевский А. В., Власов Е. В. Экипаж самолёта: ресурсы взаимодействия // *Мир транспорта.* — 2016. — № 1. — С. 220–231.

16. Малишевский А. В., Бровкин П. Е., Власов Е. В. Оценка эффективности экипажей летательного аппарата // *Мир транспорта.* — 2014. — № 5. — С. 216–229.

17. Малишевский А. В., Бровкин П. Е. Результаты оценки эффективности взаимодействия в парах пилотов с использованием интертипных отношений В. В. Гуленко и результатов специальных компьютерных испытаний // *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации.* — 2014. — № 1. — С. 108–115.

18. Малишевский А. В., Ариничева О. В., Бровкин П. Е. Анализ экспериментов по оценке эффективности взаимодействия в парах пилотов // *Транспорт Урала.* — 2013. — № 3. — С. 28–35.

19. Гуленко В. В. Какие отношения построил бы Юнг (условия интертипной устойчивости в диаде) // *Соционика, психология и межличностные отношения.* — 1998. — Июль. — С. 45–52.

20. Шульман Г. А. Картина интертипных отношений. Ч. 1 // *Соционика, психология и межличностные отношения.* — 2000. — Декабрь. — С. 35–49.

21. Лейченко С. Д., Малишевский А. В., Михайлик Н. Ф. Человеческий фактор в авиации: В 2 т. — Т. 2. — СПб.: СПбГУ ГА; Кировоград: Государственная лётная академия Украины, 2006. — 512 с.

22. Эткинд А. М. Цветовой тест отношений и его применение в исследовании больных неврозами // *Социально-психологические исследования в психоневрологии: Сб. науч. трудов НИИ психоневрологии им. В. М. Бехтерева.* — Л., 1980. — С. 110–114.

23. Ананьев Р. В., Гостев А. А., Лях М. А., Мацур А. Ю. Оценка эффективности взаимодействия в двухчленном экипаже // *Вестник СПбГУ ГА.* — 2015. — № 2. — С. 19–30.

24. Ариничева О. В. Совершенствование методов управления ресурсами системы «экипаж–воздушное судно» путём снижения отрицательного влияния человеческого фактора на безопасность полётов / Дис... канд. техн. наук. — СПб., 2008. — 199 с.

Координаты авторов: **Малишевский А. В.** – 9909395@bk.ru, **Ариничева О. В.** – 2067535@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 07.11.2018, принята к публикации 27.12.2018.



PROGNOSTIC CRITERION OF EFFECTIVENESS OF CREWMEMBER INTERACTION

Malishevsky, Alexey V., St. Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg, Russia.
Arinicheva, Olga V., St. Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg, Russia.

ABSTRACT

The results of experiments that have been conducted by the authors since 2004 together with professional pilots and students of the University of Civil Aviation are analyzed. The aim of the research is to study the possibilities of the socionic model of intertype relationships for assessing the

interaction in a two-member aircraft crew using the complex socionic efficiency criterion and data of indirect sociometry. The statistical criterial dependencies are given. The article continues the previously started topic (see *World of Transport and Transportation*, 2014, Iss. 5; 2016, Iss. 1; 2017, Iss. 3).

Keywords: civil aviation, aircraft crew, interaction of pilots, intertype relationships, sociometry, crew resource management.

Background. The majority of all recent air crashes have, as the main or concomitant cause, a violation of interaction in the crew. Reference example is the crash of An-148-100B aircraft of Saratov Airlines, which was operating flight 6W703 from Moscow to Orsk on February 11, 2018. According to the investigation, soon after takeoff, the attention of the pilots was attracted to the different and at the same time critically low speed readings on the instruments; the commander of the aircraft tried to change the situation by make the aircraft while the co-pilot pointed to the inadmissibility of such actions. There was a clear psycho-emotional tension, a curse was heard on the voice recordings. As a result, attempts to fix something were unsuccessful until the collision with the ground.

Typical examples of such interaction violations were also the crashes of the planes Tu-134 (Ivanovo, 27.08.1992) [1], Tu-154 (Irkutsk, 04.07.2001) [2], Tu-154 (Sukhaya Balka, 22.08.2006) [3], Boeing 737 (Perm, 13.09.2008) [4], Tu-154 (Domodedovo, 04.12.2010) [5], Tu-134 (Petrozavodsk, 20.06.2011) [6], Yak-42 (Yaroslavl, 07.09.2011) [7, pp. 195–196, 221].

Objective. The objective of the authors is to consider prognostic criterion of effectiveness of interaction in the crew.

Methods. The authors use general scientific methods, graph construction, evaluation approach, statistical method.

Results. The authors in [8, 9] considered some possible ways to reduce the negative impact of the human factor on flight safety, including increasing the efficiency of interaction in the aircraft crew. This article, like a number of others [10–18], examines the issue of assessing the effectiveness of interaction in the aircraft crew based on the socionic approach, that is, using the theory of intertype relationships (IR). At the same time, since we are talking about sociotics, naturally, only the informational aspect of interaction between people is taken into account.

However, the results of studies published in [12–18] are somewhat controversial. So, for example, when using IR proposed by V. V. Gulenko [19], in works [15–18] only the negative effect of the mismatch of the rational and irrational principles among the subjects, i.e. «rationality–irrationality» (R/I) dichotomy was unambiguously revealed. However, as was subsequently shown [12–14], the situation was much more complicated.

From the modern views on the theory of IR, some ideas by G. A. Shulman [20, p. 35–49] seem to be the most productive, he first expressed the

extremely logical, in our opinion, idea that there are not sixteen, but much more IR. Shulman himself numbered 256 IR and, in our opinion, groundlessly attributed the authorship of this idea to A. Augustinavichiute [20, p. 37]. However, considering that, based on the usual common sense a relationship of for example, an ethical-sensory extrovert with an intuitive-logical introvert is absolutely the same thing as relationship of an intuitive-logical introvert with an ethical-sensory extravert, there will be still 136 IR.

In [13], for each of 1946 pairs of participants of numerous experiments conducted by the authors according to the method of [21], a socionic model of intertype relationships (SMIR) was calculated using Gulenko–Shulman IR (in [21, p. 221] it was called SMIR (GSh)). Depending on the sign and magnitude of correlation coefficients obtained in these experiments between the corresponding component of SMIR (GSh) and the total normativity in the pair, calculated according to the method of A. M. Etkind [22], a rank from 1 to 136 was assigned for each case of IR. Sixteen identical IR were counted once, and the ranks of all other IR were doubled.

The assumption was studied about the fact that it is necessary to take into account not only the coincidence or discrepancy for one or another (psychological dichotomy), but also which psychological functions or attitudes coincided. In this case, we have not $16 = 2 \times 2 \times 2 \times 2$ IR, but $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 81$ IR, and the number, so to speak, of the original Shulman intertype relationships in each of 81 type IR is not the same. Therefore, in [13, p. 39], it was not the sum of ranks that was calculated, but the average rank in the group of the same type of IR, taking into account their number.

It was expected, from the point of view of the theoretical assumptions expressed in the monograph [21, p. 229], and the results obtained in the articles [15, pp. 222–223; 17, p. 112; 18, p. 31], that the discrepancy in terms of PDR/I is definitely worse than a coincidence in rationality or irrationality within any combinations of coincidence or discrepancy in all other PD. But coincidence in rationality was better than coincidence in irrationality in cases of coincidence in introversion, ethics and intuition. But the most theoretically unexpected result came from the dichotomy of extraversion–introversion (E/I). For any combination of coincidence or non-coincidence in all other PD, coincidence in extraversion was better than a mismatch in E/I PD, and it, in turn, is better in coincidence in introversion.

Table 1

Average rank of IR, depending on the coincidence or discrepancy in individual PD for 780 pairs, taking into account their total norm

		PDE/I			PD L/E			PD S/I			PD R/I		
		Coincidence in extraversion	Discrepancy in PD E/I	Coincidence in introversion	Coincidence in logic	Discrepancy in PD L/E	Coincidence in ethics	Coincidence in sensoric	Discrepancy in PD S/I	Coincidence in intuition	Coincidence in rationality	Discrepancy in PD R/I	Coincidence in irrationality
PD E/I	Coincidence in extraversion				54,25	63,06	62,94	48,69	60,19	74,25	108,56	66,44	9,88
	Discrepancy in PD E/I				67,69	73,44	71,81	59,63	71,09	84,56	110,38	79,94	16,13
	Coincidence in introversion				73,38	73,25	67,56	57,13	71,69	86,94	99,25	78,94	30,31
PD L/E	Coincidence in logic	54,25	67,69	73,38				51,13	64,63	86,63	87,19	77,44	20,94
	Discrepancy in PD L/E	63,06	73,44	73,25				57,63	70,47	84,63	109,88	77,59	18,13
	Coincidence in ethics	62,94	71,81	67,56				58,69	68,50	78,44	121,63	68,63	15,25
PD S/I	Coincidence in sensoric	48,69	59,63	57,13	51,13	57,63	58,69				97,75	56,69	13,94
	Discrepancy in PD S/I	60,19	71,09	71,69	64,63	70,47	68,50				108,06	75,00	16,00
	Coincidence in intuition	74,25	84,56	86,94	82,63	84,63	78,44				114,69	94,56	26,50
PD R/I	Coincidence in rationality	108,56	110,38	99,25	87,19	109,88	121,63	97,75	108,06	114,69			
	Discrepancy in PD R/I	66,44	79,94	78,94	77,44	77,59	68,63	56,69	75,00	94,56			
	Coincidence in irrationality	9,88	16,13	30,31	20,94	18,13	15,25	13,94	16,00	26,50			

To verify the findings obtained in [13], two groups were studied in [12]. One group consisted of 823 pairs composed of 81 people, and the other of 895 couples composed of 72 people. At the same time, the results obtained did not coincide with the previous results in everything.

Perhaps the most interesting option is for PD E/I. Thus, in the first group, in 100 % of cases, coincidence in extraversion is better than discrepancy in PD E/I, but the latter is in turn better than coincidence in introversion. In the second group, the result is almost the same, except for two cases: coincidence in introversion with a coincidence in ethics is better than a discrepancy in PD E/I, but worse than coincidence in extraversion, and also in coincidence in rationality, coincidence in extraversion and introversion is equally better than mismatch on PDE/I. In the first group, also in 100 % of cases, the coincidence in logic is better than the discrepancy in terms of PD logic – ethics (L/E), but it is already better than the coincidence in ethics. In the second group, such a picture is observed only in four cases out of nine. In three cases, there is an opposite picture and in two more cases coincidence in logic is better than coincidences in ethics, and this, in turn, is better than the discrepancy in terms of PD L/E. In both the «old» and «new» experiments in 100 % of cases, the coincidence in sensory turned out to be better than the mismatch in PD sensoric – intuition (S/I), but that turned out to be better than the coincidence in intuition.

The largest discrepancies between two experiments were recorded in terms of PD R/I. In the «new» test, mismatch on PD R/I, in 100 % of cases turned out to be better than the coincidence in rationality. But in the «old» one with coincidence in

introversion and intuition, coincidence in rationality is better than coincidence in irrationality and in 100 % of cases discrepancy in terms of PD R/I is worse than coincidence.

It seems to be premature to make any unambiguous conclusions, but given the relatively large and roughly intersecting samples of the same size and composition, we can say with some certainty that the hypothesis in the monograph [21] about the superiority of identical IR was not confirmed. The picture is clearly more complicated.

To clarify the emerging picture, another sample of 780 pairs composed of 40 graduate pilots was investigated [23, pp. 21–28]. This sample is interesting because, in addition to the data on the total norm (N) for each pair, the total valence (V) was calculated using the method of A. M. Etkind [22, p. 110–114]. The results of the calculation of the average rank for the group of IR of the same type, taking into account their number, as it was done in [12, 13], are given in Tables 1 and 2. (The authors [23] did not make these calculations). The calculation of ranks was performed by us, based on the correlation coefficients between the corresponding component of SMIR (GSh), and also on:

- total norm N in the pair (Table 1);
- total valence V in the pair (for Table 2).

In 100 % of cases, as well as for the sample from [12], the coincidence in irrationality turned out to be better than the discrepancy in terms of PD R/I, but that in turn turned out to be better than the coincidence in rationality. Moreover, this result is valid for norm and valence.

For PD S/I and in [12], and in [21], and in the experiment under consideration from [23] (for both



Table 2

Average rank of IR, depending on coincidence or discrepancy in individual PD for 780 pairs, taking into account their total valence

		PD E/I			PD L/E			PD S/I			PD R/I		
		Coincidence in extraversion	Discrepancy in PD E/I	Coincidence in introversion	Coincidence in logic	Discrepancy in PD L/E	Coincidence in ethics	Coincidence in sensoric	Discrepancy in PD S/I	Coincidence in intuition	Coincidence in rationality	Discrepancy in PD R/I	Coincidence in irrationality
PD E/I	Coincidence in extraversion				68,50	75,13	77,13	57,56	74,25	89,81	125,13	80,06	10,63
	Discrepancy in PD E/I				66,94	72,97	73,06	55,81	71,66	86,81	120,31	73,00	19,63
	Coincidence in introversion				53,94	59,56	59,38	47,81	57,06	70,50	102,44	52,88	24,25
PD L/E	Coincidence in logic	68,50	66,94	53,94				48,56	63,88	80,00	107,19	70,19	8,75
	Discrepancy in PD L/E	75,13	72,97	59,56				55,75	69,81	85,25	119,13	71,25	19,00
	Coincidence in ethics	77,13	73,06	59,38				56,94	71,13	83,44	122,75	66,25	27,38
PD S/I	Coincidence in sensoric	57,56	55,81	47,81	48,56	55,75	56,94				106,69	48,69	12,94
	Discrepancy in PD S/I	74,25	71,66	57,06	63,88	69,81	71,13				118,25	69,63	17,13
	Coincidence in intuition	89,81	86,81	70,50	80,00	85,25	83,44				125,00	91,00	26,94
PD R/I	Coincidence in rationality	125,13	120,31	102,44	107,19	119,13	122,75	106,69	118,25	125,00			
	Discrepancy in PD R/I	80,06	73,00	52,88	70,19	71,25	66,25	48,69	69,63	91,00			
	Coincidence in irrationality	10,63	19,63	24,25	8,75	19,00	27,38	12,94	17,13	26,94			

Table 3

The proposed table of modified intertype relationships based on SMIR (GSh) [21]

TIR		1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001	0000
		LLLL	LLLP	LLPL	LLPP	LPLL	LPLP	LPPL	LPPP	PLLL	PLLP	PLPL	PLPP	PPLL	PPLP	PPPL	PPPP
1111	LLLL	LLLL	LLLO	LLLO	LLLO	LLOL	LLOL	LLOL	LLOO	OLLL	OLLO	OLLO	OLLO	OOLO	OOLO	OOLO	OOOO
1110	LLLP	LLLO	LLLP	LLLO	LLLO	LLOL	LLOP	LLOO	LLOP	OLLO	OLLP	OLLO	OLLO	OOLO	OOLO	OOLO	OOOP
1101	LLPL	LLLO	LLLO	LLPL	LLPO	LLOL	LLOO	LLOP	LLOP	OLLO	OLLO	OLPL	OLPO	OOLO	OOLO	OOPL	OOPO
1100	LLPP	LLLO	LLLO	LLPO	LLPP	LLOO	LLOP	LLOP	LLOP	OLLO	OLLO	OLPO	OLPP	OOLO	OOLO	OOPO	OOPP
1011	LPLL	LLOL	LLOL	LLOL	LLOO	LPLL	LPLP	LPOO	LPOO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OPLL	OPLO	OPLO	OPPO
1010	LPLP	LLOL	LLOL	LLOO	LLOP	LPLP	LPLP	LPOO	LPOP	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OPLO	OPLO	OPPO	OPPO
1001	LPPL	LLOO	LLOO	LLOP	LLOP	LPOO	LPOO	LPPL	LPPP	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OPLO	OPLO	OPPL	OPPO
1000	LPPP	LLOO	LLOP	LLOP	LLOP	LPOO	LPOP	LPPP	LPPP	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OPLO	OPLO	OPPO	OPPP
0111	PLLL	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	POLO	POLO	POLO	POOO
0110	PLLP	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	POLO	POLO	POLO	POOP
0101	PLPL	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLLO	POLO	POLO	POLO	POPO
0100	PLPP	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	OLLO	PLLO	PLLO	PLLO	PLPP	POLO	POLO	POPO	POPP
0011	PPLL	OOLO	OOLO	OOLO	OOLO	OPLO	OPLO	OPLO	OPLO	POLO	POLO	POLO	POLO	PPOO	PPOO	PPOO	PPOO
0010	PPLP	OOLO	OOLO	OOLO	OOLO	OPLO	OPLO	OPLO	OPLO	POLO	POLO	POLO	POLO	PPOO	PPOO	PPOO	PPOO
0001	PPPL	OOLO	OOLO	OOLO	OOLO	OPLO	OPLO	OPLO	OPLO	POLO	POLO	POLO	POLO	PPOO	PPOO	PPPO	PPPO
0000	PPPP	OOLO	OOLO	OOLO	OOLO	OPLO	OPLO	OPLO	OPLO	POLO	POLO	POLO	POLO	PPOO	PPOO	PPPO	PPPP

Table 4

Coefficients (η) for calculating the prognostic socionic interaction efficiency criterion (Υ_{GSh01})

TIR																
	1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001	0000
	LLLL	LLLP	LLPL	LLPP	LPLL	LPLP	LPPL	LPPP	PLLL	PLLP	PLPL	PLPP	PPLL	PPLP	PPPL	PPPP
1111	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0
1110	LLLP	+2	+4	+1	+3	+2	+4	+1	+3	+1	+3	0	+2	+1	+3	0
1101	LLPL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3
1100	LLPP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1
1011	LPLL	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2
1010	LPLP	+2	+4	+1	+3	+2	+4	+1	+3	+1	+3	0	+2	+1	+3	0
1001	LPPL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3
1000	LPPP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1
0111	PLLL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3
0110	PLLP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1
0101	PLPL	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1	-3	-1	-4	-2	-3	-1	-4
0100	PLPP	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2
0011	PPLL	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2	0	-2	0	-3	-1	-2	0	-3
0010	PPLP	+1	+3	0	+2	+1	+3	0	+2	0	+2	-1	+1	0	+2	-1
0001	PPPL	-2	0	-3	-1	-2	0	-3	-1	-3	-1	-4	-2	-3	-1	-4
0000	PPPP	0	+2	-1	+1	0	+2	-1	+1	-1	+1	-2	0	-1	+1	-2

valence and norm) in 100 % of cases it is true that the coincidence in sensoric turned out to be better than the discrepancy in PD S/I, and then better than coincidence in intuition.

With PD E/I everything is not so clear. If in work [21] in 100 % of cases it is true that a coincidence in extraversion is better than a mismatch in PD E/I, but the latter, in turn, is better than a coincidence in introversion, then for [12] this will be true only in 78 % cases, although coincidence in extraversion is the best in 100 % of cases. For the experiment from [23], if we take the norm (see Table 1), the revealed regularity as a whole remains. In 89 % of cases, the coincidence in extraversion is the best, and only in one case, if it coincides in rationality, the coincidence in introversion will be the best. At the same time, in 44 % of cases, the regularity existing here completely repeats its analogue from [21, p. 229]. But if we take the valence (see Table 2), here the pattern is actually the exact opposite: in 89 % of cases, coincidence in introversion turned out to be better than discrepancy in PD E/I, and that, in turn, is better than coincidence in extraversion, and only in one case, if it coincides in irrationality, everything was exactly the opposite.

For PD L/E the situation is the most difficult. If in the experiment from [21] for 100 % of cases, the coincidence in logic is better than discrepancy in PD L/E, and then again it is better than coincidence in ethics, then for all other experiments there are practically no patterns (especially for the results from Table 1).

In table 3 in 256 four-digit designations of IR, in order of succession, the symbols are located corresponding to PD E/I, L/E, S/I and R/I, while the symbol «L» means a coincidence in this IR for such properties as extraversion, logic, sensoric and rationality, the symbol «P» is a coincidence in such properties as introversion, ethics, intuition and irrationality, and the symbol «0» is a discrepancy in properties according to the corresponding PD.

Based on the considerations outlined earlier, Table 4 presents the possible coefficients for each of IR for calculating the prognostic socionic criterion for effectiveness of interaction Υ_{GSh01} .

The prognostic socionic criterion Υ_{GSh01} is similar to the previously proposed prognostic criteria Υ_{GSh01} based on IRA. Augustinavichute [21, 24] or $\Upsilon_{02,03,04}$ – based

on IR V. V. Gulenko [16–18] and is determined by the formula:

$$\Upsilon_{GSh01} = \sum_{i=1}^{256} (\eta_i \mu_i),$$

where μ_i – component of SMIR (GSh); η_i – coefficient from table 4.

Conclusions. The development of a sufficiently adequate prognostic socionic criterion for effectiveness of interaction remains an urgent task, but requires further research, since the results obtained are still ambiguous. With regard to the flight crew, this is all the more important, because the nature of the relationship between people responsible for lives of aircraft passengers is subject to particularly rigorous professional evaluation.

REFERENCES

1. Catastrophe of Tu-134A of Ivanovo airline in the area of Ivanovo airport [Katastrofa Tu-134A Ivanovskogo aviapredpriyatiya v raione a/p Ivanovo]. Aviatsonniiye proissheshtiya, insidenty i aviakatastrofy v SSSR i Rossii: fakty, istoriya, statistika. 2006–2018. [Electronic resource]: <http://www.airdisaster.ru/database.php?id=90>. Last accessed 01.11.2018.

2. Ministry of Transport of the Russian Federation. Decree of December 13, 2001 No. NA-434-r on the accident with Tu-154M RA-85845 aircraft [Ministerstvo transporta Rossiiskoi Federatsii. Rasporyazhenie ot 13 dekabrya 2001g. № NA-434-r ob aviatsionnom proissheshtvii s samoletom Tu-154M RA-85845]. Aviatsonniiye proissheshtiya, insidenty i aviakatastrofy v SSSR i Rossii: fakty, istoriya, statistika. 2006–2018. [Electronic resource]: <http://www.airdisaster.ru/reports.php?id=9>. Last accessed 01.11.2018.

3. Final report on the results of the investigation of the accident with Tu-154M RA85185 aircraft of the Pulkovo Airlines on August 22, 2006 in the area of the settlement of Sukhaya Balka, Konstantinovsky District, Donetsk Region, Ukraine: approved by deputy head of Interstate aviation committee – head of the Commission on investigation of aviation accidents A. N. Morozov 12.02.2007 [Okonchatelnyi otchet po rezul'tatam rassledovaniya aviatsionnogo proissheshtiya s samoletom Tu-154M RA85185 aviakompanii «Pulkovo» 22.08.2006 v raione p. Sukhaya balka Konstantinovskogo raiona Donetskoi



oblasti, Ukraina: utv. zam. Pred. Mezghos. Aviat. komiteta – pred. komissii po rassled. aviats. Proisshestviy A. N. Morozovym 12.02.07]. Moscow, IAC publ., 2007, 143 p.

4. Final report on the results of the accident investigation. Boeing-737–500 VP-BKO 14.09.2008. *Interstate Aviation Committee*. 29.05.2009. [Electronic resource]: https://mak-iac.org/upload/iblock/c2d/vp-bko_report.pdf. Last accessed 01.11.2018.

5. Final report on the results of the accident investigation. Tu-154M RA-85744 04.12.2010. *Interstate Aviation Committee*. 20.09.2011. [Electronic resource]: https://mak-iac.org/upload/iblock/7c8/report_ra-85744.pdf. Last accessed 01.11.2018.

6. Final report on the results of the accident investigation. Tu-134 RA-65691 20.06.2011. *Interstate Aviation Committee*. 19.09.2011. [Electronic resource]: https://mak-iac.org/upload/iblock/bb2/report_ra-65691.pdf. Last accessed 01.11.2018.

7. Final report on the results of the accident investigation. Yak-42 RA-42434 07.09.2011. *Interstate Aviation Committee*. 02.11.2012. [Electronic resource]: https://mak-iac.org/upload/iblock/b75/report_ra-42434.pdf. Last accessed 01.11.2018.

8. Malishevsky, A. V., Vlasov, E. V., Kaimakova, E. M. Possible ways to solve the problem of reducing the negative impact of the human factor in transport emergencies [Vozmozhnie puti resheniya problem snizheniya negativnogo vliyaniya chelovecheskogo faktora v chrezvychaynykh situatsiyakh na transporte]. *Mediko-biologicheskie i sotsialno-psikhologicheskie problem bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh*, 2015, Iss. 1, pp. 108–114.

9. Malishevsky, A. V., Arinicheva, O. V., Vlasov, E. V. Possible ways of solving the problem of reducing the negative impact of the human factor on flight safety [Vozmozhnie puti resheniya problemy snizheniya negativnogo vliyaniya chelovecheskogo faktora na bezopasnost poletov]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2016, Iss. 2, pp. 12–20.

10. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V., Shkuntik, M. S. Preparatory aspects for solving the problem of evaluating the effectiveness of interaction in a pair [Podgotovitelnye aspekty k resheniyu problem otsenki effektivnosti vzaimodeistviya v pare]. *Vestnik SPbGU GA*, 2018, Iss. 1, pp. 18–29.

11. Arinicheva, O. V., Languev, E. E., Malishevsky, A. V., Shkuntik, M. S. Additional preparatory aspects to solving the problem of evaluating the effectiveness of interaction in a pair [Dopolnitelnye podgotovitelnye aspekty k resheniyu problem otsenki effektivnosti vzaimodeistviya v pare]. *Vestnik SPbGU GA*, 2018, Iss. 2, pp. 5–14.

12. Malishevsky, A. V. Intertype relationship within the crew. *World of Transport and Transportation*, Vol. 15, 2017, Iss. 3, pp. 222–233.

13. Malishevsky, A. V. Research of the possibilities of using intertype relationships in order to assess the effectiveness of interaction in the crew of an aircraft [Issledovanie vozmozhnostey ispolzovaniya intertipnykh otnosheniy v tselyakh otsenki effektivnosti vzaimodeistviya v ekipazhe vozdushnogo sudna]. *Transport: nauka, tekhnika, upravlenie*, 2017, Iss. 6, pp. 37–41.

14. Malishevsky, A. V. Issues of evaluating the effectiveness of interaction in the crew of an aircraft using intertype relationships of G. A. Shulman–V. V. Gulenko [Voprosy otsenki effektivnosti vzaimodeistviya v ekipazhe vozdushnogo sudna s ispolzovaniem intertipnykh otnosheniy G. A. Shulmana–V. V. Gulenko]. *Vestnik SPbGU GA*, 2017, Iss. 1, pp. 24–38.

15. Arinicheva, O. V., Malishevsky, A. V., Vlasov, E. V. Aircraft crew: resources of interaction. *World of Transport and Transportation*, Vol. 14, 2016, Iss. 1, pp. 220–231.

16. Malivshvsky, A. V., Brovkin, P. E., Vlasov, E. V. Evaluating the effectiveness of crews of an aircraft. *World of Transport and Transportation*, Vol. 12, 2014, Iss. 5, pp. 216–229.

17. Malishevsky, A. V., Brovkin, P. E. Results of evaluation of effectiveness of interaction in pairs of pilots using intertype relations of V. V. Gulenko and the results of special computer tests [Rezultaty otsenki effektivnosti vzaimodeistviya v parakh pilotov s ispolzovaniem intertipnykh otnosheniy V. V. Gulenko i rezultatov spetsialnykh komp'yuternykh ispytaniy]. *Nauchnyy vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoy aviatsii*, 2014, Iss. 1, pp. 108–115.

18. Malishevsky, A. V., Arinicheva, O. V., Brovkin, P. Y. Analysis of experiments to assess the effectiveness of interaction in pilot pairs [Analiz eksperimentov po otsenke effektivnosti vzaimodeistviya v parakh pilotov]. *Transport Urala*, 2013, Iss. 3, pp. 28–35.

19. Gulenko, V. V. What relationship would Jung build (intertype stability conditions in a dyad) [Kakie otnosheniya postroyil by Yung (usloviya intertipnoi ustoychivosti v diade)]. *Sotsionoka, psikhologiya i mezhlchnostnie otnosheniya*, 1998, July, pp. 45–52.

20. Shulman, G. A. Picture of intertype relationships. Part 1 [Kartina intertipnykh otnosheniy. Ch. 1]. *Sotsionoka, psikhologiya i mezhlchnostnie otnosheniya*, 2000, December, pp. 35–49.

21. Leichenko, S. D., Malishevsky, A. V., Mikhailik, N. F. The Human factor in aviation: In 2 vol. Vol. 2 [Chelovecheskiy faktor v aviatsii: v 2 t. T. 2]. St. Petersburg, SPbU GA; Kirovograd, State Flight Academy of Ukraine, 2006, 512 p.

22. Etkind, A. M. The color test of relationships and its application in the study of patients with neuroses [Tsvetovoy test otnosheniy i ego primeneniye v issledovanii bolnykh nevrozami]. *Social and Psychological Studies in Psychoneurology: Collection of scientific works of the Institute of Psychoneurology n.a. V. M. Bekhterev*. Leningrad, 1980, pp. 110–114.

23. Ananiev, R. V., Gostev, A. A., Lyakh, M. A., Matsur, A. Yu. Evaluation of effectiveness of interaction in a two-member crew [Otsenka effektivnosti vzaimodeistviya v dvukhchlennoy ekipazhe]. *Vestnik SPbGU GA*, 2015, Iss. 2, pp. 19–30.

24. Arinicheva, O. V. Improving resource management of the «crew-aircraft» system by reducing the negative impact of the human factor on flight safety. Ph.D. (Eng) thesis [Sovershenstvovanie metodov upravleniya resursami sistemy «ekipazh-vozdushnoye sudno» putem snizheniya otritsatel'nogo vliyaniya chelovecheskogo faktora na bezopasnost poletov. Dis... kand. tekhn. nauk]. St. Petersburg, 2008, 199 p. ●

Information about the authors:

Malishevsky, Alexey V. – Ph.D. (Eng), associate professor at the department of Flight Operations and Professional Training of Aviation Personnel of St. Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg, Russia, 9909395@bk.ru.

Arinicheva, Olga V. – Ph.D. (Eng), associate professor at the department of Flight Operations and Professional Training of Aviation Personnel of St. Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg, Russia, 2067535@mail.ru.

Article received 07.11.2018, accepted 27.12.2018.



ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ EXPRESS INFORMATION

МОРЯКИ, ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗАЦИЯ: УПРАВЛЕНИЕ БУДУЩИМИ ВЫЗОВАМИ

Генеральный секретарь Международной морской организации (ИМО) Китац Лим в своём выступлении на представлении нового доклада «Транспорт 2040: автоматизация, технологии и занятость — профессиональное будущее» 15 января 2019 года в штаб-квартире организации подчеркнул необходимость актуализации подготовки моряков и стандартов в связи с развитием судоходства, ростом уровня автоматизации и технологий.

Генсекретарь поставил ключевые вопросы, которые потребуют внимания всех членов организации: как моряки в будущем будут справляться с вызовами, связанными с ростом технологической оснащённости и автоматизации морского транспорта, как скажутся новые технологии на самой природе морских профессий, каким стандартам понадобится соответствовать морякам в части образования, подготовки, сертификации, чтобы обладать достаточной квалификацией для занятия в будущем своей профессией?

Важное стратегическое направление деятельности ИМО — интеграция новых и появляющихся технологий в нормативную базу — уравновешивая преимущества от таких техно-

логий с вопросами безопасности, влияния на окружающую среду, содействия международной торговле, стоимости нововведений для бизнеса, влияния на персонал в море и на берегу. Государства-члены должны предвосхитить последствия этих изменений и реакцию на них.

Подготовленный Международной федерацией работников транспорта (ITF) и Всемирным морским университетом доклад является первой в своём роде независимой и комплексной оценкой последствий автоматизации на занятость в транспортной отрасли с акцентом на автомобильном, железнодорожном, воздушном и морском транспорте. В докладе делается вывод, что внедрение автоматизации будет скорее эволюционным, чем революционным, и что квалифицированные человеческие ресурсы с набором правильных компетенций будут необходимы в обозримом будущем. Технологические изменения необратимы, но будут происходить постепенно и отличаться по содержанию в различных регионах мира.

По материалам веб-сайта ИМО:
<http://www.imo.org/en/MediaCentre/WhatsNew/Pages/default.aspx> ●

SEAFARERS, TECHNOLOGY AND AUTOMATION – MANAGING FUTURE CHALLENGES

IMO Secretary-General Kitack Lim has highlighted the need to consider seafarer training and standards as shipping evolves, with increasing levels of technology and automation. Speaking at IMO Headquarters on January 15, 2019 at the launch of a new report «Transport 2040: Automation, Technology and Employment – the Future of Work», Secretary-General Lim set out key questions that will require focus from all stakeholders: «How will the seafarer of the future manage the challenges related to an increasing level of technology and automation in maritime transport? How will the new technologies impact on the nature of jobs in the industry? What standards will seafarers be required to meet with respect to education, training and certification to qualify them for the jobs of the future?»

An important strategic direction for IMO is the integration of new and advancing technologies into the regulatory framework — balancing the benefits derived from new and advancing technologies against safety and security concerns, the impact on the environment and on international trade

facilitation, the potential costs to the industry and their impact on personnel, both on board and ashore. «Member States and the industry need to anticipate the impact these changes may have and how they will be addressed», Mr. Lim said.

The International Transport Workers' Federation (ITF) and the World Maritime University (WMU) Transport 2040 report is the first-ever, independent and comprehensive assessment of how automation will affect the future of work in the transport industry, focusing on technological changes and automation in road, air, rail and maritime transport. The report concludes that the introduction of automation in global transport will be «evolutionary, rather than revolutionary», and that «despite high levels of automation, qualified human resources with the right skill sets will still be needed in the foreseeable future». Technological advances are inevitable, but will be gradual and vary by region.

Retrieved at IMO Web-site:
<http://www.imo.org/en/MediaCentre/WhatsNew/Pages/default.aspx> ●





Оценка идентичности работников железнодорожных предприятий



Валерий МАСЛОВ
Valery P. MASLOV

Игорь ЩЕРБАКОВ
Igor V. SHCHERBAKOV



Маслов Валерий Петрович — кандидат философских наук, профессор, заведующий кафедрой управления персоналом Самарского государственного университета путей сообщения, Самара, Россия.

Щербаков Игорь Викторович — кандидат экономических наук, доцент кафедры управления персоналом Самарского государственного университета путей сообщения, Самара, Россия.

Evaluation of Identity of Employees of Railway Enterprises

(текст статьи на англ. яз. — English text of the article — p. 221)

В статье на методологической основе теории социальной идентичности, психологической концепции самодетерминации и новой институциональной экономики рассматривается процесс формирования идентичности работников предприятий железнодорожного транспорта. Обосновывается, что идентичность выступает немонетарной формой мотивации трудовой деятельности. Описываются результаты апробации такого подхода к оценке идентичности в различных организациях. Показано, что в ОАО «РЖД» создана устойчивая система по управлению персоналом и социальной сферой с использованием значительных материальных и финансовых ресурсов, которая в свою очередь способствует корпоративной консолидации и актуализирует проблему оценки идентичности работника как одного из направлений деятельности служб (субъектов) управления человеческими ресурсами.

Ключевые слова: железная дорога, корпоративная психология, идентичность, институциональные порядки, мотивация, персонал, образование, компетенции, труд, экономический стимул.

Новая экономика, в любой её интерпретации — цифровая, инновационная, информационная, сервисная, интернет-экономика — предполагает возрастающую роль человеческих ресурсов, их преобладание над значимостью материально-вещественных факторов производства. Прирост стоимости создаваемых благ всё больше происходит на основе эффективного использования в экономической деятельности врождённых и приобретённых способностей человека, его креативного таланта и опыта. Второй неотъемлемой составляющей новой экономики становится растущее значение институтов распределения ресурсов и организации взаимодействия хозяйствующих субъектов. Подобные особенности функционирования современной экономики делают естественной необходимость поиска инновационных методов управления персоналом. Одним из них наукой относительно недавно признано формирование идентичности работников [1, с. 365–367].

Для ОАО «РЖД» и других предприятий железнодорожного транспорта проблема формирования корпоративной идентичности персонала всегда, по определению, составляла и составляет неотъемлемую задачу менедж-

мента. С одной стороны, обширная территориальная локация производственных подразделений, разветвлённая организационная структура и многотысячный трудовой коллектив уже изначально имеют в виду самые разнообразные географические, исторические, социальные, профессиональные, квалификационные идентичности работников. С другой стороны, распространение единых отраслевых стандартов грузопассажирских перевозок, содержания и развития инфраструктуры требуют единой универсальной идентичности работника в производственно-хозяйственной деятельности предприятий железнодорожного транспорта.

В данной статье, руководствуясь основами теории социальной идентичности, психологической концепции самодетерминации и новой институциональной экономики, предпринята попытка определить экономическую сущность идентичности работников и предложить методику оценки этой идентичности на железнодорожных предприятиях.

Результаты представленного исследования эмпирически протестированы в процессе подготовки выпускных бакалаврских работ в Самарском госуниверситете путей сообщения.

ОСОБЕННОСТИ ИДЕНТИЧНОСТИ В ЭКОНОМИКЕ

В понимании идентичности индивида доминируют два подхода [2, с. 3]. Первый, с позиции Дж. Акерлофа и Р. Крэнтона, идентичность признаётся тогда, когда действующие нормы и правила соответствуют идеальным представлениям индивида о них. По мнению этих учёных, формирование идентичности способствует повышению эффективности трудовой деятельности индивида на 10–25 % [3, с. 39]. Второй подход в трактовке А. Сена идентичность индивида связывается с его строгой приверженностью и причастностью к определённой социальной группе. Основой формирования универсальной идентичности часто выступает ментальность индивида. Ментальные состояния, согласно позиции автора, адаптируют индивидов к социальным группам, но не избавляют от лишений, и не должны быть приняты в расчёт при определении персонального благосостояния. Цель формирования идентичности индивида Амартия Сен оценивает

так: «Я действительно убеждён, что индивидуальные преимущества следует оценивать с точки зрения возможностей индивидов жить тем способом, который они имеют основание ценить. Такой подход сосредотачивает внимание на независимых свободах, которыми обладают люди, вместо того, чтобы ограничиваться конечными результатами, которые они получают...» [4, с. 271].

Нами предпочтение отдаётся первому — институциональному подходу, когда работники принимают и разделяют действующие нормы и правила предприятия [5, с. 24]. Это означает, что институциональные порядки на производстве способствуют удовлетворению определённых экзистенциальных потребностей индивида в процессе его трудовой деятельности. Это прежде всего потребности в компетентности и автономии [6, с. 68]. Потребность в компетентности предполагает соответствие профессиональных компетенций работника целям и задачам, которые перед ним ставит предприятие, а автономия — выбор им такого стиля поведения, который обеспечивает его компетентность и предоставляет ему свободу действий, чтобы реализовать свои приобретённые и врождённые способности.

Принятие институциональных порядков предприятия предполагает интернализацию работником действующих норм и правил. При этом формируется особый стиль поведения индивида, определяемый в психологической концепции самодетерминации Э. Деси и Р. Райна как интроецированная регуляция [6, с. 71]. Такой стиль предполагает эмпатию работника от сотрудничества, характеризуется большей степенью свободы и поддерживается определённой мотивационной системой. Интроецированный стиль поведения работника предполагает, что действующие нормы и правила предприятия выступают более интернализированным стимулом, чем функционирующая система материального поощрения и санкционирования.

Таким образом, идентичность работника предприятия представляет немонетарную форму мотивации, которая создаётся на предприятиях, где доминирующим экономическим стимулом выступают действующие нормы и правила. С нашей точки зрения, экономический стимул есть императивное воздействие внешней среды, регулирующее



поведение работника. Экономические стимулы отличаются уровнем интернализации, степенью преобразования внешнего воздействия во внутреннюю активность работника, которая сопровождается различной величиной издержек принуждения и надзора за его трудовой деятельностью.

Следовательно, идентичность работника можно оценить с помощью коэффициентов, описывающих отклонение его индивидуальной мотивации от среднего её параметра по подразделению или предприятию, среднего параметра выборки, характеризующей персонал по полу, возрасту, образованию и т.п. Идентичность – это степень психосоциального благополучия работника, которое формируется институциональными порядками предприятия. С экономических позиций именно действующие институциональные порядки создают универсальную корпоративную (служебную, производственную) идентичность индивида, которая соединяет в себе его различные географические, исторические, возрастные, профессиональные и квалификационные идентичности. Хотя Эрик Эриксон и полагал, что универсальную человеческую идентичность сформирует развитие технологии и науки, а также их масштабная диффузия [7, с. 274].

Корпоративная идентичность работника выступает действенной процедурой универсализации его множественной социальной идентичности, сохраняя при этом его индивидуализацию. Высокая корпоративная идентичность способствует повышению координации и эффективности взаимодействия между работниками. Это существенно уменьшает расходы на принуждение и мониторинг деятельности, снижая уровень транзакционных издержек, ведёт к лучшему использованию производственных ресурсов.

Кроме того, идентичность можно оценивать по структурным подразделениям предприятия (корпорации). Современные исследователи К. Айзенхардт и Ф. Сантос выделяют четыре вида границ функционирования фирмы: граница эффективности, граница власти, граница компетенции и граница идентичности. Последняя показывает степень сопричастности и отождествления работника с организацией, в которой он трудится [8, с. 501]. Следовательно, корпоративная идентичность персонала может рассматриваться в качестве дополнительного

критерия оптимизации организационной структуры предприятия и уточнения экономической целесообразности трансформации структурных подразделений в дочерние или зависимые общества.

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ

Поскольку мотивация выступает как абсолютная характеристика вовлечённости индивида в трудовую деятельность, а идентичность представляет собой ординалистскую оценку причастности работника к предприятию или его подразделению, то определение идентичности следует проводить путём соотношения индивидуальной мотивированности к сложившемуся уровню мотивированности в подразделении (предприятии) или в заданной группе. Аналогично можно установить идентичность отдельной группы работников по заданному критерию. В качестве критерия выборки служит формирование группы по гендерному признаку, по возрасту, по критерию вхождения в заданное подразделение, по уровню оплаты труда, по профессиональному или социальному статусу (должности) и т.п.

В теории и практике психологических и социологических исследований представлено множество методик и тестов, на основе которых оценивается мотивация персонала. На основе типологической концепции В. И. Герчикова составлены тесты, позволяющие установить тип трудовой мотивации работников [9, 10]. В соответствии с психологической концепцией избегания неудачи и нацеленности на успех, на основе работ А. А. Реана [11, 12] созданы и применяются на практике тесты для оценки мотивированности работников организаций. Широко известны тесты, касающиеся первичных и вторичных факторов формирования мотивации трудовой деятельности Г. Херцберга [13]. С помощью сопровождающих методик и обладая количественной характеристикой мотивированности (например, в баллах), полученной по одному или нескольким тестам, можно перейти к оценке идентичности работника по формуле:

$$K_{id} = 1 - \frac{|s_i - S_i|}{S_i},$$

где K_{id} – коэффициент идентичности i -го работника (или группы работников по критерию выборки); s_i – мотивированность i -го работника (или группы работников по критерию

выборки), рассчитанная на основе теста; S_j — средняя мотивированность работников по j -му подразделению или предприятию в целом.

Логика определения идентичности: чем ближе индивидуальная (групповая) мотивированность к средней величине мотивированности по предприятию или его подразделению, тем выше коэффициент идентичности работника. И наоборот, чем больше отличие индивидуальной мотивации от средней величины по предприятию, тем ниже коэффициент идентичности работника.

Эмпирическое тестирование предложенной модели производилось на предприятиях различной отраслевой принадлежности. Полученные результаты свидетельствуют о высокой степени адекватности модели и могут быть использованы в производственно-хозяйственной практике предприятий железнодорожного транспорта. Оценка идентичности работников осуществлялась по единым критериям выборки. Ими послужили гендерный признак, возраст, образование, уровень оплаты, профессиональный статус (должность). Множество критериев выбора позволяют провести многовариантный анализ персонала с позиции его идентичности.

В производственных коллективах с преобладанием женщин коэффициент идентичности показывает более высокую идентичность именно для представительниц этих гендерных групп, чем для мужчин, что тесно коррелирует со спецификой непосредственной их деятельности на комбинате пищевой индустрии. На машиностроительном и металлургическом предприятиях, наоборот, коэффициент идентичности выше для мужчин, чем женщин, что также объясняется особенностями производства. Кроме того, наблюдается различие идентичности для возрастных групп. На технологически более оснащённом металлургическом предприятии более высокая идентичность наблюдается у младших возрастных групп.

Особого внимания заслуживает оценка идентичности у руководителей подразделений (организаций), которая требует детального индивидуального анализа. Дело в том, что идентичность у них в большинстве случаев существенно отличалась от идентичности в целом по коллективу. Если в результате дополнительного исследования оно подтверждалось высокой идентичностью среди главных лиц аналогичных подразделений, то это сви-

детельствует о правильно выстроенной иерархии и ориентированности руководителя на развитие. В противоположном случае подобная нацеленность вызывает сомнение.

КОРПОРАТИВНЫЙ ФАКТОР В «РЖД»

В крупнейшей железнодорожной компании страны исторически проводилась и проводится систематическая работа по формированию корпоративной идентичности своих работников. Однако эта функция носит имплицитный характер и не декларируется в основных видах деятельности служб управления персоналом и социального развития. Так, к направлениям деятельности департамента управления персоналом, по смыслу связанным с формированием корпоративной идентичности работников, относятся: «Разработка и внедрение новых технологий управления персоналом, повышающих эффективность деятельности работников», а также «Создание комплексных механизмов стимулирования вовлечённости персонала в решение корпоративных задач и повышения эффективности трудовой деятельности за счёт роста заинтересованности в результатах труда и самореализации работников» [14]. Кроме того, департамент социального развития, реализуя корпоративные социальные проекты, разрабатывая и организуя основные направления социальной политики и выполнения программ социального развития и социальной защиты работников ОАО «РЖД» на базе корпоративного социального стандарта, опять же вносит свой вклад в формирование корпоративной идентичности работников [15].

Внешним фактором, отражающим значимость формирования идентичности для холдинга, служит введение форменной одежды и её систематическое обновление в соответствии с новыми тенденциями в дизайне и изменениями в корпоративной культуре. Только за последние 30 лет форменная одежда обновлялась трижды (последний раз в 2010 году). Помимо того, система непрерывного профессионального обучения, многообразные социальные программы свидетельствуют о постоянном внимании к формированию корпоративной идентичности самыми разнообразными средствами.

С позиции кадровой политики становится всё более актуальным и целесообразным оценить многолетние вложения в формирование корпоративной идентичности, а также



определить насколько действующие институциональные порядки крупнейшей транспортной корпорации способствуют созданию универсальной идентичности персонала.

Не стоит забывать и о том, что идентичность работников выступает дополнительным критерием, который совместно с традиционными технико-экономическими параметрами и показателями управления персоналом позволит более адекватно настраивать и нужам людей проводить рационализацию организационной структуры и оценивать целесообразность появления новых дочерних и зависимых обществ в холдинговой системе.

ВЫВОДЫ

1. Идентичность представляет собой немонетарную форму мотивации трудовой деятельности персонала предприятий, на которых доминирующим экономическим стимулом выступают действующие нормы и правила.

2. Мотивация работника представляется абсолютной величиной, позволяющей оценить степень вовлечённости работника в производственно-хозяйственную деятельность предприятия. Идентичность выступает относительной характеристикой мотивированности работника по отношению к мотивированности предприятия в целом, его структурного подразделения или группы работников, сформированной по заданному признаку.

3. Использованная методика апробирована в организациях, принадлежащих различным отраслям. Эмпирическое тестирование свидетельствует о высокой степени адекватности предлагаемой модели и значительном потенциале её применения для решения задач по управлению человеческими ресурсами.

4. Обширная географическая локация производственных подразделений, огромный трудовой коллектив с многообразным профессиональным и квалификационным составом, задачи постоянного повышения качества грузовых и пассажирских перевозок, содержания и развития инфраструктуры делают необходимым в условиях холдинговой структуры «РЖД» наличие единой корпоративной идентичности работников.

5. Идентичность работника относится к действенным способам повышения эффективности человеческих ресурсов, оптимизации организационной структуры предприятий и корпораций. При этом в системе железнодорожного транспорта реальная оценка корпоративной идентичности персонала до сих пор не проводилась. Предлагаемый инструментарий позволит определять эффективность экономических и социальных затрат предприятий на трудовую мотивацию персонала и повышение его лояльности к корпорации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Boulu-Reshef B. Economics of identity and economics of the firm: why and how their three central questions overlap. *Journal of Institutional Economics*. — 2013. — Vol. 9:3. — pp. 363–379.
2. Davis J. B. Social identity strategies in recent economics (Tinbergen Institute discussion paper; No. 2005-078/2). Amsterdam [etc.]: Tinbergen Institute. 2005. — P. 3.
3. Акерлоф Дж., Крэнтон Р. Экономика идентичности. Как наши идеалы и социальные нормы определяют, кем мы работаем, сколько зарабатываем и насколько несчастны. — М.: Карьера Пресс, 2010. — 224 с.
4. Сен Амартия. Возможность общественного выбора. — МЕМ. — Т. 5. — Кн. 2. — С. 125–374.
5. Серл Дж. Что такое институт? // Вопросы экономики. — 2007. — № 8. — С. 5–27.
6. Deci E. L., Ryan R. M. Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behaviors. New York: Plenum Press, 1985.
7. Эрикссон Э. Идентичность: юность и кризис / Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1996. — 344 с.
8. Eisenhardt K. M., Santos F. M. Organizational Boundaries and the Theories of Organization, Organization Science. — Vol. 16(5). — 2005. — pp. 491–508.
9. Герчиков В. И. Типологическая концепция трудовой мотивации (часть 1) // Мотивация и оплата труда. — 2005. — № 2. — С. 53–62.
10. Герчиков В. И. Типологическая концепция трудовой мотивации (часть 2) // Мотивация и оплата труда. — 2005. — № 3. — С. 2–6.
11. Общая психология и психология личности / Под ред. А. А. Реана. — СПб.: Питер, 2011. — 639 с.
12. Реан А. А. Психология личности. Социализация. Поведение. Общение. — М.: АСТ, 2007. — 407 с.
13. Херцберг Ф. и др. Мотивация к работе. — М.: Вершина, 2007. — 240 с.
14. Управление персоналом (ЦКАДР) на официальном сайте ОАО РЖД. [Электронный ресурс]: http://www.rzd.ru/ent/public/ru?STRUCTURE_ID=5185&layer_id=5554&refererLayerId=5553&page5553_4109=2&id=1213. Доступ 29.10.2018.
15. Управление социальным развитием (ЦСР) на официальном сайте ОАО «РЖД». [Электронный ресурс]: http://www.rzd.ru/ent/public/ru?STRUCTURE_ID=5185&layer_id=5554&refererLayerId=5553&page5553_4109=1&id=1172. Доступ 29.10.2018. ●

Координаты авторов: **Маслов В. П.** – mvp491@rambler.ru, **Щербаков И. В.** – ig063@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 09.11.2018, принята к публикации 03.12.2018.

EVALUATION OF IDENTITY OF EMPLOYEES OF RAILWAY ENTERPRISES

Maslov, Valery P., Samara State Transport University, Samara, Russia.

Shcherbakov, Igor V., Samara State Transport University, Samara, Russia.

ABSTRACT

In the article, the process of forming the identity of railway transport employees is considered on the methodological basis of the theory of social identity, the psychological concept of self-determination and the new institutional economics. It is substantiated that identity is a non-monetary form of labor motivation. The results of testing such an approach

to evaluating identity in various organizations are described. It is shown that JSC Russian Railways has created a sustainable system for managing personnel and the social sphere using significant material and financial resources, which in turn facilitates corporate consolidation and actualizes the problem of assessing employee identity as one of the activities of human resources management services.

Keywords: railway, corporate psychology, identity, institutional order, motivation, personnel, education, competences, labor, economic incentive.

Background. The new economy, in any of its interpretations – digital, innovative, informational, service, Internet economy – assumes the increasing role of human resources, their predominance over the significance of material factors of production. The increase in the value of the created goods is increasingly taking place on the basis of the effective use of innate and acquired abilities of a person, his creative talent and experience in the economic activity. The second integral component of the new economy is the growing importance of resource allocation institutions and organization of interaction between economic entities. Such features of functioning of the modern economy make it natural to search for innovative methods of personnel management. The scientists have relatively recently recognized formation of the identity of employees as one of those methods [1, pp. 365–367].

For JSC Russian Railways and other railway enterprises, the problem of forming the corporate identity of personnel has always been, by definition, an integral task of management. On the one hand, the vast territorial distribution of production units, an extensive organizational structure, and a multi-thousand-strong workforce already have in mind the most diverse geographical, historical, social, professional, and qualifying identities of employees. On the other hand, dissemination of unified industry standards for cargo and passenger transportation, maintenance and development of infrastructure require a single universal employee identity in production and economic activities of railway transport enterprises.

In this article, guided by the basics of the theory of social identity, the psychological concept of self-determination and the new institutional economics, an attempt is made to determine the economic essence of the identity of employees and a methodology is proposed for assessing this identity in railway enterprises.

The results of the presented research were empirically tested in the process of preparing graduate bachelor's theses at Samara State Transport University.

Objective. The objective of the authors is to consider different aspects of evaluation of identity of employees of railway enterprises.

Methods. The authors use general management and social methods, comparative analysis, evaluation approach.

Results.

Features of identity in the economy

In understanding the identity of an individual, two approaches dominate [2, p. 3]. The first, based on the

position of J. Akerlof and R. Kranton, recognizes identity when the existing rules and regulations correspond to the ideal conception of an individual about them. According to these scientists, formation of identity contributes to improving the efficiency of the individual's work activity by 10–25 % [3, p. 39]. The second approach in the interpretation of A. Sen associates the identity of the individual with his strict adherence and involvement in a particular social group. The basis of formation of universal identity is often mentality of an individual. Mental states, according to the position of the author, adapt individuals to social groups, but do not eliminate deprivations, and should not be taken into account when determining personal well-being. The purpose of formation of identity of an individual, according to Amartya Sen, is as follows: ...individual advantages should be assessed in terms of ability of individuals to live in the way that they have reason to appreciate. Such an approach focuses on the independent freedoms that people enjoy, rather than limit themselves to the final results they will get... [4, p. 271].

We prefer the first – institutional approach, when employees accept and share the existing norms and rules of the enterprise [5, p. 24]. This means that the institutional rules at job contribute to meet the specific existential needs of the individual in the course of his work activity. This is primarily the need for competence and autonomy [6, p. 68]. The need for competence presupposes that the employee's professional competencies correspond to the goals and objectives that the enterprise puts in front of him, and autonomy chooses a style of behavior that ensures his competence and gives him the freedom to act to realize his acquired and innate abilities.

The adoption of the institutional regulations of the enterprise involves the employee's internalization of existing rules and regulations. At the same time, a particular style of individual behavior is formed, defined in the psychological concept of self-determination by E. Deci and R. Ryan as introjected regulation [6, p. 71]. This style involves empathy of an employee from cooperation, is characterized by a greater degree of freedom and is supported by a certain motivational system. The introjected employee behavior style assumes that the existing norms and rules of the enterprise are a more internalized stimulus than the functioning system of material incentives and authorization.

Thus, the identity of an employee of an enterprise is a non-monetary form of motivation that is created in enterprises where the prevailing economic incentives are the applicable rules and regulations. From our point of view, the economic incentive is the



imperative impact of the external environment that regulates employee's behavior. Economic incentives differ by level of internalization, the degree of transformation of external influence into the internal activity of an employee, which is accompanied by various costs of coercion and supervision of his work activity.

Consequently, employee's identity can be assessed using coefficients describing deviation of his individual motivation from its average parameter by department or enterprise, the average sample parameter characterizing staff by gender, age, education, etc. Identity is the degree of the employee's psychosocial well-being, which is shaped by the institutional arrangements of the enterprise. From an economic point of view, it is the existing institutional arrangements that create the universal corporate (service, production) identity of an individual, which combines his various geographical, historical, age, professional and qualifying identities. Although Erik Erikson believed that universal human identity would shape the development of technology and science, as well as their large-scale diffusion [7, p. 274].

The employee's corporate identity is an effective procedure for universalization of his multiple social identity, while maintaining his individualization. High corporate identity contributes to coordination and efficiency of interaction between employees. This significantly reduces the cost of coercion and monitoring activities, reducing the level of transaction costs, leading to better use of production resources.

In addition, identity can be assessed by structural units of the enterprise (corporation). Modern researchers K. Eisenhardt and F. Santos distinguish four types of company operation boundaries: the limit of efficiency, the limit of power, the limit of competence, and the border of identity. The latter shows the degree of involvement and identification of the employee with the organization in which he works [8, p. 501]. Consequently, the corporate identity of the staff can be considered as an additional criterion for optimizing the organizational structure of the enterprise and clarifying the economic feasibility of transforming the structural units into subsidiaries or affiliates.

Evaluation model

Since motivation acts as an absolute characteristic of individual's involvement in work, and identity is an ordinal evaluation of employee's involvement in an enterprise or its division, identification of identity should be done by correlating individual motivation to the existing level of motivation in a division (enterprise) or in a given group. Similarly, it is possible to establish identity of a particular group of employees by a given criterion. As a sampling criterion, a group is formed by gender, by age, by the criterion of being employed in a given unit, by level of remuneration, by professional or social status (position), etc.

In the theory and practice of psychological and sociological research, a variety of techniques and tests are presented, on the basis of which personnel motivation is assessed. On the basis of the typological concept of V. I. Gerchikov, tests have been made that allow to establish the type of labor motivation of workers [9, 10]. In accordance with the psychological concept of avoiding failure and focus on success, based on the work of A. A. Rean [11, 12], tests are created and put into practice to assess the motivation of employees of organizations. Tests concerning the primary and secondary factors in the formation of the motivation for the work activity of G. Herzberg are widely known [13]. Using the accompanying

techniques and having a quantitative characteristic of motivation (for example, in points) obtained by one or several tests, you can proceed to assessing the employee's identity using the formula:

$$K_{id} = 1 - \frac{|s - S_j|}{S_j},$$

where K_{id} – the i -th employee's identity coefficient (or identity coefficient of groups of employees according to the selection criterion);

s_i – motivation of the i -th employee (or of a group of employees according to the selection criterion) calculated on the basis of the test;

S_j – average motivation of employees in the j -th subdivision or enterprise as a whole.

The logic of determining identity: the closer is an individual (group) motivation to the average value of motivation for an enterprise or its division, the higher is the employee's identity factor. Conversely, the greater is the difference between individual motivation and the average value for an enterprise, the lower is the employee's identity factor.

Empirical testing of the proposed model was carried out at enterprises of various industry affiliations. The results indicate a high degree of adequacy of the model and can be used in production and economic practice of railway enterprises. Evaluation of employee's identity was carried out according to uniform sampling criteria. They were gender, age, education, level of pay, professional status (position). Many selection criteria allow for a multivariate analysis of staff from the perspective of its identity.

In production teams with predominance of women, the identity coefficient shows a higher identity specifically for representatives of these gender groups than for men, which is closely correlated with the specifics of their direct activities at the food industry combine. At the engineering and metallurgical enterprises, on the contrary, the identity coefficient is higher for men than for women, which is also explained by the peculiarities of production. In addition, there is a difference in identity for age groups. In a more technologically equipped metallurgical enterprise, a higher identity is observed in younger age groups.

Evaluation of identity of the heads of departments (organizations), which requires a detailed individual analysis, is especially noteworthy. The fact is that in most cases their identity was significantly different from the identity in the whole team. If, as a result of additional research, it was confirmed by a high identity among the main persons of similar divisions, then this indicates a properly built hierarchy and a manager's orientation to development. In the opposite case, this focus is in doubt.

Corporate factor in JSC Russian Railways

The country's largest railway company has historically carried out and is systematically working on formation of the corporate identity of its employees. However, this function is implicit in nature and is not declared in the main activities of the personnel management and social development services. Thus, the areas of activity of the personnel management department related to formation of corporate identity of employees include: «Developing and introducing new personnel management technologies that increase employee performance», and also «creating integrated mechanisms for encouraging staff involvement in solving corporate tasks and improving the efficiency of labor activity due to the growth of

interest in the results of labor and self-realization of workers» [14]. In addition, the department of social development, implementing corporate social projects, developing and organizing the main directions of social policy and implementation of social development and social protection programs for employees of JSC Russian Railways based on the corporate social standard, contributes also to formation of corporate identity of employees [15].

An external factor reflecting the significance of identity formation for the holding company is introduction of uniforms and their systematic updating in accordance with new trends in design and changes in corporate culture. Over the past thirty years, uniforms have been updated three times (most recently in 2010). In addition, the system of continuous vocational training, diverse social programs show constant attention to formation of corporate identity by a variety of means.

From the position of personnel policy, it is becoming increasingly relevant and expedient to evaluate multi-year investments in formation of corporate identity, as well as to determine the extent to which the current institutional arrangements of the largest transport corporation contribute to creation of a universal identity of personnel.

Do not forget that the identity of workers is an additional criterion, which, together with traditional technical and economic parameters and personnel management indicators, will allow more adequately rationalize the organizational structure and evaluate the feasibility of constitution of new subsidiaries and affiliates in the holding system in consistency with the mood and needs of employees.

Conclusions.

1. Identity is a non-monetary form of motivation for the work activity of the personnel of enterprises, in which the prevailing economic incentives are the existing rules and regulations.

2. The motivation of the employee is an absolute value, allowing to assess the degree of employee's involvement in production and economic activity of the enterprise. Identity is a relative characteristic of the employee's motivation in relation to motivation of an enterprise as a whole, its structural unit or group of employees, formed according to a given attribute.

3. The methodology used was tested in organizations belonging to various industries. Empirical testing indicates a high degree of adequacy of the proposed model and a significant potential of its application for solving problems of human resource management.

4. The extensive geographical distribution of production units, a huge workforce with a diverse professional and qualification structure, the tasks of constantly improving the quality of freight and passenger traffic, maintenance and infrastructure development make it necessary for Russian Railways holding structure to have a single corporate identity of employees.

5. The employee's identity refers to effective ways of improving efficiency of human resources, optimizing the organizational structure of enterprises and

corporations. At the same time, in the railway transport system, real assessment of the corporate identity of the personnel has not been carried out yet. The proposed toolkit will allow to determine the effectiveness of economic and social costs of enterprises regarding labor motivation of staff and strengthening of its loyalty to the corporation.

REFERENCES

1. Boulu-Reshef, B. Economics of identity and economics of the firm: why and how their three central questions overlap. *Journal of Institutional Economics*, 2013, Vol. 9:3, pp. 363–379.
2. Davis, J. B. Social identity strategies in recent economics (Tinbergen Institute discussion paper; No. 2005-078/2). Amsterdam [etc.]: Tinbergen Institute, 2005, p. 3.
3. Akerlof, G. A., Kranton, R. E. Identity Economics: How Our Identities Shape Our Work, Wages, and Well-Being. Moscow, Kariera Press publ., 2010, 224 p.
4. Sen, A. The possibility of public choice. MEM, Vol. 5, Book 2, pp. 125–374.
5. Searle, J. What is an Institution? *Issues of economics*, 2007, Iss. 8, pp. 5–27.
6. Deci, E. L., Ryan, R. M. *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behaviors*. New York: Plenum Press, 1985.
7. Erikson, E. H. Identity: Youth and Crisis. Moscow, Progress publ., 1996, 344 p.
8. Eisenhardt, K. M., Santos, F. M. Organizational Boundaries and the Theories of Organization, *Organization Science*, 16 (5), 2005, pp. 491–508.
9. Gerchikov, V. I. Typological concept of labor motivation (part 1) [*Tipologicheskaya kontseptsiya trudovoi motivatsii (chast' 1)*]. *Motivatsiya i oplata truda*, 2005, Iss. 2, pp. 53–62.
10. Gerchikov, V. I. Typological concept of labor motivation (part 2) [*Tipologicheskaya kontseptsiya trudovoi motivatsii (chast' 2)*]. *Motivatsiya i oplata truda*, 2005, Iss. 3, pp. 2–6.
11. General psychology and personality psychology [*Obshchaya psikhologiya i psikhologiya lichnosti*]. Ed. by A. A. Rean. St. Petersburg, Piter publ., 2011, 639 p.
12. Rean, A. A. Psychology of personality. Socialization. Behavior. Communication [*Psikhologiya lichnosti. Sotsializatsiya. Povedenie. Obshchenie*]. Moscow, AST publ., 2007, 407 p.
13. Hertsberg, F. [et al]. Motivation to work [*Motivatsiya k rabote*]. Moscow, Vershina publ., 2007, 240 p.
14. Personnel Management department on the official website of JSC Russian Railways [*Upravlenie personalom (TsKADR) na ofitsialnom saite OAO «RZD»*]. [Electronic resource]: http://www.rzd.ru/ent/public/ru?STRUCTURE_ID=5185&layer_id=5554&refererLayerId=5553&page5553_4109=2&id=1213. Last accessed 29.10.2018.
15. Social development department on the official website of JSC Russian Railways [*Upravlenie sotsialnym razvitiem (TsSR) na ofitsialnom saite OAO «RZD»*]. [Electronic resource]: http://www.rzd.ru/ent/public/ru?STRUCTURE_ID=5185&layer_id=5554&refererLayerId=5553&page5553_4109=1&id=1172. Last accessed 29.10.2018.

Information about the authors:

Maslov, Valery P. – Ph.D. (Philosophy), professor, head of the department of Personnel management of Samara State Transport University, Samara, Russia, mvp491@rambler.ru

Shcherbakov, Igor V. – Ph.D. (Economics), associate professor of the department of Personnel management of Samara State Transport University, Samara, Russia, ig063@mail.ru.

Article received 09.11.2018, accepted 03.12.2018.





Подготовка специалистов рельсовых дорог Вьетнама



Валентин КИСЕЛЁВ
Valentin I. KISELYOV

Александра САЛОИД
Alexandra E. SALOID



Киселёв Валентин Иванович — доктор технических наук, профессор кафедры электропоездов и локомотивов Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия,

Салойд Александра Евгеньевна — студентка Московского государственного института международных отношений (Университета) МИД России (МГИМО), Москва, Россия.

Training of Specialists of Vietnam Railways

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 228)

Статья посвящена сотрудничеству Российской Федерации и Социалистической Республики Вьетнам в области железнодорожного транспорта и сфере профессионального образования. На фоне современных реалий и проблем железных дорог Вьетнама, перспектив их реконструкции и развития рассмотрена задача подготовки Российским университетом транспорта квалифицированных специалистов для строительства и эксплуатации новых рельсовых трасс в стране, включая линии метрополитена и высокоскоростные магистрали.

Ключевые слова: Вьетнам, Россия, международное сотрудничество, железные дороги, высокоскоростные магистрали, метрополитен, образование, подготовка специалистов.

Сеть железных дорог Вьетнама общей длиной 2367 км состоит из линий нормальной (1435 мм) и узкой (1000 мм) колеи. На части участков одновременно присутствуют две колеи [1].

Основной магистралью является линия Ханой—Хошимин, которая получила название «Единство» в честь исторического воссоединения Севера и Юга страны в 1975 году. На севере к ней примыкают несколько ответвлений нормальной колеи общей длиной 480 км.

Анализ характеристик железных дорог (таблица 1) показывает, что для обеспечения устойчивого экономического роста и развития логистической системы страны нужна прежде всего коренная реконструкция дорог Вьетнама с учётом мирового опыта, который предусматривает обычно несколько этапов:

1. Обоснование выбора ширины колеи с учётом стандартов колеи сопредельных государств, чтобы избежать лишних затрат при смене тележек подвижного состава или изменении ширины колёсных пар.

2. Определение допустимой осевой нагрузки на путь. Необходимо учитывать,

Таблица 1

Характеристики железных дорог Вьетнама

Показатели	Линии		
	Ханой—Хайфон	Ханой—Хошимин	Ханой—Лаокай
Длина, км	102	1740	300
Ширина колеи, мм	1000		
Руководящие уклоны	6	25	12
Минимальный радиус кривых, м	300	200	100
Допустимая скорость, км/ч	80	60	
Допустимая осевая нагрузка, т	15	15	15

что затраты при строительстве железной дороги с большей нагрузкой от оси колёсных пар в перспективе будут оправданы и окупятся по сравнению с поэтапным ростом осевых нагрузок на путь в процессе эксплуатации. При этом осевая нагрузка реконструируемой дороги должна корректироваться с нагрузками на путь дорог соседних стран.

3. Выбор типа локомотива. Желательно планировать внедрение электрической тяги (электровозов) как обеспечивающей более высокий грузооборот по сравнению с тепловозной тягой. Однако первичный выбор электровозной тяги не окажется эффективным из-за больших затрат на строительство инфраструктуры для эксплуатации подвижного состава на электротяге — тяговых подстанций, контактных сетей и т.д.

Поэтому на первом этапе реконструкции желателен акцент на внедрение тепловозной тяги в грузовом и пассажирском движениях и дизель-поездов в пригородном сообщении.

4. Внедрение современных средств СЦБ.

5. Строительство двухпутных железнодорожных линий на наиболее нагруженных участках с подготовкой на однопутных участках земляного полотна для второго пути, чтобы сократить затраты при завершении в будущем остальных участков дороги.

6. Развитие ВСМ. Руководство вьетнамских железных дорог изучает возможность их строительства: стоимость двухпутной высокоскоростной линии длиной 1545 км между Ханоем и Хошимин, шириной колеи 1435 мм и с 23 станциями оценивается в 58 млрд долларов США. Два первых участка (Ханой—Винь и Хошимин—Ня-

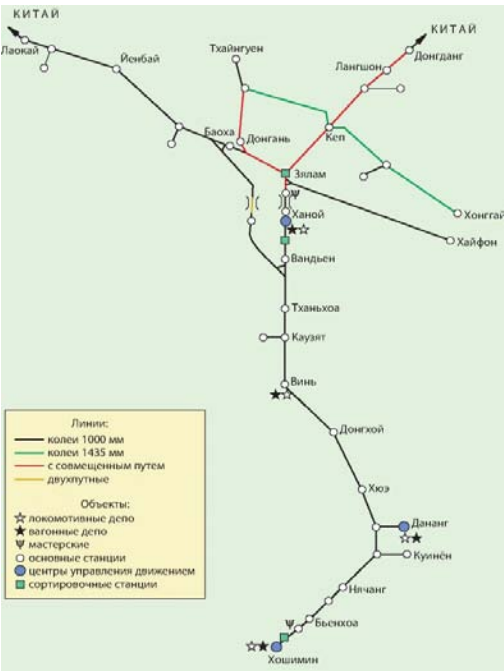


Рис. 1. Карта железных дорог Вьетнама.

чанг) планируют открыть к 2032 году. Коммерческое использование будет возможно не ранее 2040 года. Тем не менее значимость этой магистрали высока: она позволит в будущем сократить время пути из Ханоя в Хошимин с суток до 8 часов, что значительно упростит логистический процесс. По предварительным оценкам доля железнодорожного транспорта в перевозках между Ханоем и Хошимин составит 14%. Составлена программа научных исследований по проблемам строительства ВСМ [2].

7. Развитие туризма. Туристический бизнес стал важной статьёй дохода вьетнамского бюджета благодаря уникальной природе страны и богатому культурно-историческому наследию. Эксперты австралийского издательства Lonely Planet





Lonely Planet, Matt Bruno.

Рис. 2. *The Reunification Express* проходит вдоль побережья Южно-Китайского моря севернее от перевала Хайван, между императорской столицей Вьетнама Хюэ и живописным городом Хойаном.

назвали маршрут The Reunification Express Line одним из самых живописных железнодорожных в мире. Он начинается в южной части страны, городе Хошимине, и заканчивается на севере, в Ханое. Общая протяжённость маршрута составляет более 1700 км [3, с. 8]. Рекомендуется сохранить существующий паровозный парк локомотивов, так как поезда, ведомые паровозами, пользуются у туристов большей популярностью по сравнению с другими видами тяги.

8. Развитие сотрудничества в области железнодорожного транспорта.

В соответствии с распоряжением президента В. В. Путина от 3 октября 2018 года в 2019 году в России пройдёт «Год Социалистической Республики Вьетнам». Параллельно страна-партнёр организует «Год Российской Федерации». Перекрёстная программа — это комплекс мероприятий в политической, экономической, научной, культурной деятельности, в сфере образования и других направлениях двухсторонних отношений [4, с. 1].

«Стратегически важным является сохранение доверительных отношений и дальнейшее их развитие между Россией и Вьетнамом по всем направлениям», — заявил 2 ноября 2018 года российский посол Константин Внуков во время лекции в Академии общественных наук

Вьетнама. Он отметил, что сохранение таких отношений между странами — это редкость для мировой истории.

Торгово-экономическое сотрудничество стран постоянно растёт. За 2017 год товарооборот вырос на треть, а за два квартала 2018 год — на 20%.

23 января 2018 года в соответствии с соглашением о двухстороннем сотрудничестве между ОАО «Российские железные дороги» и ГК «Вьетнамские железные дороги» во Вьетнам по МТК прибыл первый контейнер из России. Он следовал в составе контейнерного поезда через территорию Китая. Российско-китайскую границу состав пересёк на пограничном переходе Маньчжурия—Забайкальск, китайско-вьетнамскую — на переходе Донданг. Время следования контейнера по железной дороге составило 20 дней, тогда как перевозка морем занимает время в два раза больше (рис. 3) [5].

В первом отправленном контейнере по МТК Россия—Вьетнам—Россия перевозили косметическую продукцию. Ключевые статьи российского экспорта — машины и оборудование, минеральное сырьё, металлы и изделия из них, а импорт — машины и оборудование, текстиль, продовольствие и сельскохозяйственное сырьё. Железнодорожное сообщение будет стимулировать укрепление торговых и экономических связей между Вьетнамом и Россией, а также способствовать реализации соглашения об установлении зоны свободной торговли ЕАЭС—Вьетнам, которое было подписано в 2015 году.

Важной вехой в развитии российско-вьетнамского технического и транспортного сотрудничества стало подписание соглашения о партнёрстве по проекту строительства лёгкого метро во Вьетнаме между компаниями ООО «РЖД Интернешнл» и Lung Lo Construction в сентябре 2018 года. Будут построены линии метро в Хошимине и провинции Донгнай. Соглашение определяет основные принципы сотрудничества и участия сторон в его реализации. Проект имеет стратегическое значение для развития транспортной инфраструктуры Вьетнама в соответствии с общепризнанными мировыми стандартами [1].

Во время своего визита в Россию в октябре 2018 года заместитель премьер-министра СРВ Чинь Динь Зунг провёл переговоры с главой ОАО «РЖД» Олегом Белозеровым, в ходе которых было обозначено, что стороны приветствуют и поддерживают развитие сотрудничества между ОАО «РЖД» и вьетнамскими компаниями, их участие в совместных проектах [6].

9. Подготовка специалистов-транспортников.

Российский университет транспорта (МИИТ) имеет положительный опыт в подготовке кадров для транспорта Республики Вьетнам. С 1959 года и по настоящее время из стен вуза было выпущено 390 специалистов с высшим образованием. Защитили кандидатские диссертации 107 человек, докторские — 7 человек, прошли стажировку 127 человек.

В 2018 году подписано соглашение о сотрудничестве между Российским университетом транспорта и Хошиминским городским университетом транспорта и подготовке высококвалифицированных специалистов для метрополитена г. Хошимин, вьетнамских железных дорог и новой строящейся дороги Вунг—Тонг в провинции Биньфыок.

Немало вьетнамских студентов-выпускников МИИТ, которые получили научную степень в российском университете, продолжают научно-исследовательскую деятельность или занимают ответственные должности в республике. Выпускники МИИТ успешно работают в Хошиминском городском университете транспорта и представительствах Вьетнама за рубежом (доктора наук Чан Фу Тхуан, Нгуен Чонг Там, До Дык Туан и другие).

Программа подготовки специалистов высшей квалификации предусматривает двухгодичное обучение: подготовительное отделение +1 курс в университете транспорта и коммуникаций (Вьетнам, г. Ханой) и четырёхгодичное обучение в РУТ (МИИТ). Сейчас в Москве обучается 10 человек, граждан Вьетнама, и им



Рис. 3. Встреча первого контейнера во Вьетнаме из России.

создаются все необходимые условия для получения высшего образования.

Реализация планов реконструкции прежних путей и создания новых железнодорожных трасс во Вьетнаме (в том числе ВСМ) ставит перед Российским университетом транспорта большие задачи в подготовке квалифицированных специалистов, инженерных кадров для строительства и эксплуатации вьетнамских железных дорог, будущих линий метрополитена. И с этой точки зрения имеющийся опыт сотрудничества — залог дальнейшего развития образовательных связей и взаимопомощи двух стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Russian Railways to support Vietnamese light rail project. [Электронный ресурс]: <https://www.railjournal.com/regions/asia/russian-railways-to-support-vietnamese-light-rail-project/>. Доступ 26.11.2018.
2. Изучается возможность строительства ВСМ во Вьетнаме. [Электронный ресурс]: <http://www.zdmira.com/news/izuchaetsavozmoznoststroitelstvavsmvovetnameeestoismostoceniliv58mlrddollarovssa/>. Доступ 26.11.2018.
3. Инженер транспорта. — 2018. — № 14.
4. Распоряжение Президента Российской Федерации от 03.10.2018 № 292-рп «О проведении Года Российской Федерации в Социалистической Республике Вьетнам и Года Социалистической Республики Вьетнам в Российской Федерации».
5. RZD Logistics and Ratraco organized a first shipment in direct rail traffic Russia — Vietnam. [Электронный ресурс]: <http://www.rzdlog.com/press/469/>. Доступ 26.11.2018.
6. Deputy PM meets leaders of Russian corporations. [Электронный ресурс]: <https://en.vietnamplus.vn/deputy-pm-meets-leaders-of-russian-corporations/141027.vnp/>. Доступ 26.11.2018.

Координаты авторов: **Киселёв В. И.** — kiselev40@mail.ru, **Салоид А. Е.** — tabanemoha@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 26.11.2018, принята к публикации 27.12.2018.



TRAINING OF SPECIALISTS OF VIETNAM RAILWAYS

Kiselyov, Valentin I., Russian University of Transport, Moscow, Russia,

Saloid, Alexandra E., Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of Russia (MGIMO), Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article is devoted to cooperation of the Russian Federation and the Socialist Republic of Vietnam in the field of railway transport and vocational education. Against the background of modern realities and the problems of the railways of Vietnam,

the prospects for their reconstruction and development, the task of training of qualified specialists by Russian University of Transport for construction and operation of new rail tracks in the country, including metro lines and high-speed highways, is considered.

Keywords: Vietnam, Russia, international cooperation, railways, high-speed main lines, metro, education, training of specialists.

Background. The railway network of Vietnam with a total length of 2367 km consists of lines of normal (1435 mm) and narrow (1000 mm) gauge. On a part of the sections there are simultaneously two types of gauge [1].

The main line is Hanoi–Ho Chi Minh City, which was named «Unity» in honor of the historical reunification of the North and South of the country in 1975. In the north, several branches of a normal gauge with a total length of 480 km adjoin it.

Objective. The objective of the authors is to consider different aspect of cooperation between Russia and Vietnam in the field of railway transport, in particular training of specialists of Vietnam railways.

Methods. The authors use general scientific methods, comparative analysis, scientific description, evaluation approach.

Results. Analysis of characteristics of railways (table 1) shows that to ensure sustainable economic growth and development of the country's logistics system, first of all, a radical reconstruction of the railways of Vietnam is necessary, taking into account world experience, which usually involves several stages:

1. *Justification of the choice of gauge* taking into account the standards of gauge of neighboring states, in order to avoid unnecessary costs when changing rolling stock bogies or changing width of wheel sets.

2. *Determination of permissible axial load per track.* It should be borne in mind that the costs of building a railway with a greater load from the axis of the wheel sets will be justified in the future and will be paid off compared with the gradual increase in axial loads on the track during operation. At the same time, the axial load of the reconstructed railway should be adjusted with loads on track in the neighboring countries.

3. *Choice of the type of locomotive.* It is advisable to plan introduction of electric traction (electric locomotives) as providing a higher turnover compared with diesel locomotives. However, the primary choice

of electric traction will not be effective due to the high costs of building the infrastructure for operating the rolling stock on the electric traction – traction substations, contact networks, etc.

Therefore, at the first stage of reconstruction, an emphasis is placed on introduction of diesel traction in cargo and passenger traffic and diesel trains in suburban traffic.

4. *Introduction of modern means of signaling systems.*

5. *Construction of double-track railway lines* on the most loaded sections with preparation of single-track sections of the road bed for the second track, in order to reduce costs when the rest of the road sections are completed in the future.

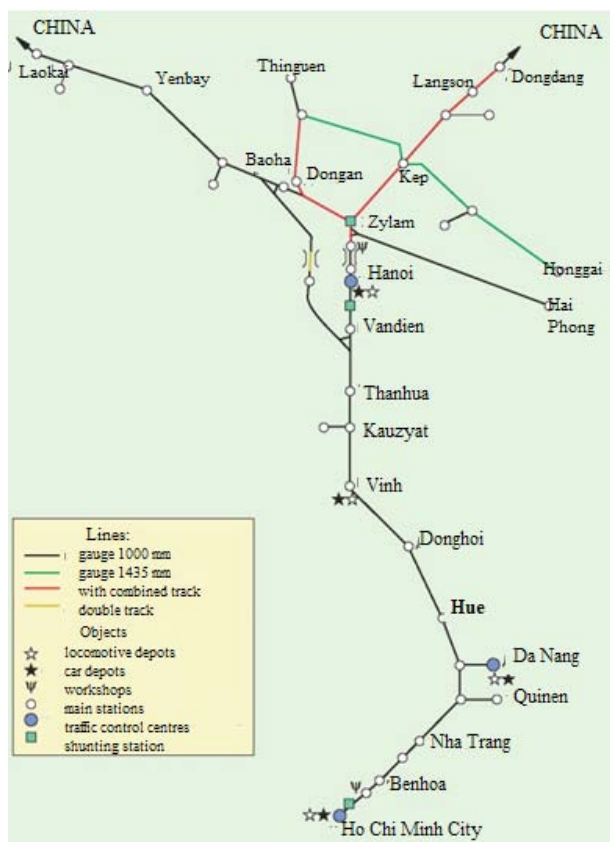
6. *Development of HSR.* The management of the Vietnamese railways is exploring the possibility of their construction: the cost of a double-track high-speed line with a length of 1545 km between Hanoi and Ho Chi Minh City, gauge of 1435 mm and with 23 stations is estimated at 58 billion US dollars. The first two sections (Hanoi–Vinh and Ho Chi Minh–Nha Trang) are planned for opening by 2032. Commercial use will be possible not earlier than in 2040. Nevertheless, the importance of this main line is high: it will allow in the future to shorten the travel time from Hanoi to Ho Chi Minh City from one day to eight hours, which will greatly simplify the logistic process. According to preliminary estimates, the share of rail transport in traffic between Hanoi and Ho Chi Minh City will be 14 %. A program of scientific research on the problems of construction of HSR is prepared [2].

7. *Development of tourism.* The tourism business has become an important source of income for the Vietnamese budget due to the unique nature of the country and its rich cultural and historical heritage. The experts of the Australian publisher Lonely Planet called the route The Reunification Express Line one of the most scenic rail in the world. It begins in the southern part of the country, Ho Chi Minh City, and ends in the north, in Hanoi. The total length of the

Characteristics of the railways of Vietnam

Table 1

Indicators	Lines		
	Hanoi–Haiphong	Hanoi–Ho Chi Minh City	Hanoi–Laokai
Length, km	102	1740	300
Gauge width, mm	1000		
Limiting grades	6	25	12
Minimum radius of curves, m	300	200	100
Permissible speed, km/h	80	60	
Permissible axial load, t	15	15	15



Pic. 1. Map of railways of Vietnam.

route is more than 1700 km [3, p. 8]. It is recommended to keep the existing steam locomotive fleet, as trains driven by locomotives are more popular with tourists than other types of traction.

8. Development of cooperation in the field of railway transport.

In accordance with the order of the president V. V. Putin of October 3, 2018, in 2019 Russia will host the «Year of the Socialist Republic of Vietnam». In parallel, the partner country organizes the «Year of the Russian Federation». The cross program is a complex of activities in political, economic, scientific, cultural activities, in the field of education and other areas of bilateral relations [4, p. 1].

«The preservation of trusting relations and their further development between Russia and Vietnam in all areas is strategically important», Russian Ambassador K. V. Vnukov said on November 2, 2018 during a lecture at the Academy of Social Sciences of Vietnam. He noted that the preservation of such relations between countries is a rarity in world history.

Trade and economic cooperation of countries is constantly growing. In 2017, the turnover increased by one third, and for two quarters of 2018 – by 20 %.

On January 23, 2018, in accordance with the agreement on bilateral cooperation between JSC Russian Railways and SC Vietnam Railways, the first container from Russia arrived in Vietnam. It was a part of the container train following through China. The Russian-Chinese border was crossed at Manchuria–Zabaikalsk border crossing, and the Sino-Vietnamese border was crossed at Dongdang crossing. The transit time of the container by rail was 20 days, while sea transportation takes twice as long (Pic. 3) [5].



Pic. 2. The Reunification Express runs along the coast of the South China Sea north of the Haiwan Pass, between the imperial capital of Vietnam, Hue and the picturesque city of Hoi An.

The first container shipped via ITC Russia–Vietnam–Russia transported cosmetic products. Key Russian exports are machinery and equipment, minerals, metals and products from them, while imports are machinery and equipment, textiles, food and agricultural raw materials. The railway communication will stimulate the strengthening of trade and economic ties between Vietnam and Russia, as well as will contribute to implementation of the agreement on establishment of EEU–Vietnam free trade zone, which was signed in 2015.

An important milestone in development of Russian-Vietnamese technical and transport cooperation was signing of a partnership agreement for construction of

**Pic. 3. Meeting
the first container
from Russia
in Vietnam.**



a light metro in Vietnam between the companies JSC RZD International and Lung Lo Construction in September 2018. Metro lines will be built in Ho Chi Minh City and Dong Nai province. The agreement defines the basic principles of cooperation and participation of the parties in its implementation. The project is of strategic importance for development of the transport infrastructure of Vietnam in accordance with generally accepted international standards [1].

During his visit to Russia in October 2018, the Deputy Prime Minister of SRV, Trinh Dinh Dung, held talks with the head of JSC Russian Railways, Oleg Belozеров, during which it was indicated that the parties welcome and support development of cooperation between JSC Russian Railways and Vietnamese companies, their participation in joint projects [6].

9. Training of transport specialists.

Russian University of Transport (MIIT) has a positive experience in training personnel for the transport of the Republic of Vietnam. From 1959 to the present, 390 specialists with higher education have graduated from the university. 107 people defended their Ph.D. theses; 7 people – D.Sc. theses; 127 people passed internships.

In 2018, an agreement was signed between Russian University of Transport and Ho Chi Minh City University of Transport on cooperation and training of highly qualified specialists for the Ho Chi Minh Metro, the Vietnamese railways and the new road from Vung Tau under construction in Binhfok Province.

A lot of Vietnamese graduate students of MIIT, who received a scientific degree at a Russian university, continue research activities or occupy positions of responsibility in the republic. Graduates of MIIT successfully work at Ho Chi Minh City University of Transport and Vietnamese representations abroad.

The program of training of highly qualified specialists provides two years of study: a preparatory department + 1 course at the University of Transport and Communications (Vietnam, Hanoi) and four years of study at Russian University

of Transport. Now 10 citizens of Vietnam are studying in Moscow.

Conclusion. The implementation of plans for reconstruction of former tracks and creation of new railways in Vietnam (including HSR) poses great challenges for Russian University of Transport in training qualified specialists and engineers for construction and operation of the Vietnamese railways and future metro lines. From this point of view, the existing experience of cooperation is the key to further development of educational ties and mutual assistance between the two countries.

REFERENCES

1. Russian Railways to support Vietnamese light rail project. [Electronic resource]: <https://www.railjournal.com/regions/asia/russian-railways-to-support-vietnamese-light-rail-project/>. Last accessed 26.11.2018.
2. The possibility of building HSR in Vietnam is studied [Izuchaetsya vozmozhnost' stroitelstva VSM vo Vietname]. [Electronic resource]: <http://www.zdmira.com/news/izucaetsavozmozhnoststroitelstvavsmvovetnameestoimostoceniliv58mlrddollarovssa/>. Last accessed 26.11.2018
3. *Inzhener transporta*, 2018, No. 14.
4. Order of the President of the Russian Federation of 03.10.2018 No. 292-rp «On the Year of the Russian Federation in the Socialist Republic of Vietnam and the Year of the Socialist Republic of Vietnam in the Russian Federation» [Rasporyazhenie Prezidenta Rossiiskoi Federatsii ot 03.10.2018 № 292-rp «O provedenii Goda Rossiiskoi Federatsii v Sotsialisticheskoi Respublike Vietnam i Goda Sotsialisticheskoi Respubliki Vietnam v Rossiiskoi Federatsii»].
5. RZD Logistics and Ratraco organized a first shipment in direct rail traffic Russia – Vietnam. [Electronic resource]: <http://www.rzdlog.com/press/469/>. Last accessed 26.11.2018.
6. Deputy PM meets leaders of Russian corporations. [Electronic resource]: <https://en.vietnamplus.vn/deputy-pm-meets-leaders-of-russian-corporations/141027.vnp/>. Last accessed 26.11.2018.

Information about the authors:

Kiselyov, Valentin I. – D.Sc. (Eng), professor of the department of Electric trains and locomotives of Russian University of Transport, Moscow, Russia, kiselev40@mail.ru.

Saloid, Alexandra E. – student of Moscow State Institute of International Relations (University) of the Ministry of Foreign Affairs of Russia (MGIMO), Moscow, Russia, tabanemoha@mail.ru.

Article received 26.11.2018, accepted 27.12.2018.



С ВЕКОВ НАРАВНЕ

232

*Человек, который создал
первые отечественные
электродвигатели
для локомотива и трамвая.*



ПРЕСС-АРХИВ

238

Стрелочнику трудно избежать обвинений.

РЕТРОПРОЕКТ

242

Шаропоезд Ярмольчука.
Забыли незабываемое.

КОЛЕСО ИСТОРИИ • HISTORY WHEEL



ON A PAR WITH THE CENTURY

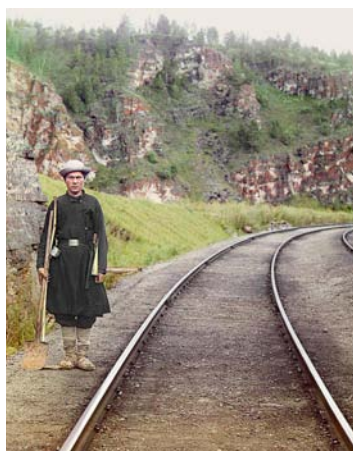
232

*Alexeev: the man, who created
first Russian electric engines
for locomotives and trams.*

NEWS ARCHIVES

238

*Switchman can hardly avoid
to be blamed.*



RETROSPECTIVE PROJECT

242

*«Ball train» of Yarmolchuk.
How unforgettable has been
forgot.*



Наделяющий электросилой



Николай ГРИГОРЬЕВ

Nikolai D. GRIGORIEV

Giving Electric Power

(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 236)

Сто лет назад, когда в стране только начинались работы по созданию первых отечественных тяговых электродвигателей для рельсовых локомотивов и трамваев, никто не знал имени этого известного теперь и вошедшего в летопись советской и российской науки человека. Благодаря таланту и самоотверженности таких учёных и конструкторов, как Александр Алексеев, сфера энергетики и электромашиностроения достигла в его время больших высот.

Ключевые слова:

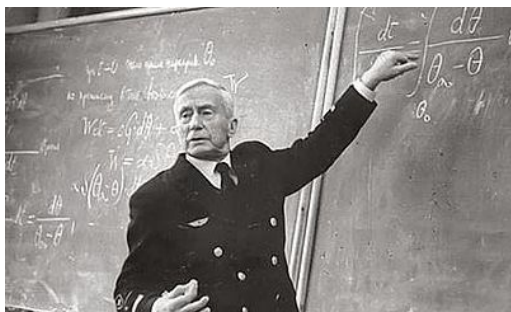
Александр Алексеев, история, конструирование электрических машин, страницы биографии, транспорт, электродвигатели, электромашиностроение, энергетика.

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, доцент кафедры электроэнергетики транспорта Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Учёный-электротехник, один из основоположников отечественной школы электромашиностроения, профессор, доктор технических наук, член-корреспондент АН СССР, почётный железнодорожник Александр Емельянович Алексеев родился 27 (15 по старому стилю) ноября 1891 года в крестьянской семье в деревне Сорокино Кашинского уезда Тверской губернии (ныне Кимрский район Тверской области). После голода 1891–1892 годов семья переехала в Санкт-Петербург.

Трудовую деятельность Алексеев начал в 1907 году после окончания ремесленного училища по механическому делу Императорского русского технического общества. Немалое время юноша проработал токарем на заводе «Электрик». В 1916 году по конкурсу аттестатов поступил на электромеханическое отделение Петроградского электротехнического института (ныне Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет).

Во время учёбы, когда он был ещё студентом, под руководством профессора Я. М. Гаккеля им были спроектированы и на заводе «Электрик» изготовлены тяговые двигатели постоянного тока ПТ-100 для первого отече-



Александр Алексеев на кафедре «Электрические машины» в ЛИИЖТе.



Опытный электровоз ВЛ80А-751.



ДнепроГЭС.

ственного тепловоза Ш^{ЭЛ} с электрической передачей, который в годовщину революции 7 ноября 1924 года совершил поездку по Октябрьской железной дороге. Этот тепловоз был сохранён и установлен в 1972 году как историческая реликвия в Москве на станции Ховрино, а в 1997 году передан в железнодорожный музей Варшавского вокзала в Санкт-Петербурге (с 2017 года — Музей железных дорог России). Студент-электротехник участвовал также в разработке конструкций первых тяговых электродвигателей постоянного тока и для трамвая, что стало отдельной, но опять же значимой страницей его биографии.

После окончания института по специальности инженер-электрик в 1925 году Александра назначили заведующим отделом новых конструкций, а затем и техническим директором Ленинградского электромашиностроительного завода «Электросила», то есть он стал первым главным конструктором знаменитого в дальнейшем предприятия-гиганта. Под его началом были разработаны первые отечественные гидрогенераторы для Волховской, Земо-Авчальской, Рионской, Свирской, Днепро-вской ГЭС, серии турбогенераторов

мощностью до 50 МВт и другие крупные электрические машины, первенцы советской энергетики, обеспечившие выполнение плана ГОЭЛРО (программы государственной электрификации страны).

Он владел тремя иностранными языками (французским, немецким, английским), благодаря чему его командировки в электротехнические фирмы США, Германии, Швеции, Швейцарии, Чехословакии, Франции и других стран оказались весьма результативными. Спроектированные под руководством главного конструктора электрические машины, коллекторные преобразователи постоянного тока от аккумуляторной батареи в трёхфазный ток частотой 50 Гц, тяговые двигатели для тепловозов с электрической передачей, зарядные агрегаты для радиостанций и прочее электротехническое оборудование для энергетики, металлургической промышленности, морского флота ни в чём принципиально не уступали зарубежным аналогам.

С 1932 по 1975 год Алексеев работал в Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ, ныне Санкт-Петербургский государствен-





ЩЭЛ^{эл}1 (ЩЭЛ-1, первоначально ЯГН^{эл}1, потом ГЭ1 и ЮЭ002) — один из двух первых в мире действующих магистральных тепловозов.

ный университет путей сообщения), оставаясь консультантом по проектированию крупных электрических генераторов и двигателей на заводах «Электросила», Новочеркасском и Тбилисском электровозостроительных. В 1936 году его избрали профессором и заведующим кафедрой «Электрические машины», которую он возглавлял до конца своих дней, без малого сорок лет [8]. В 1938 году без защиты диссертации по совокупности выполненных научных работ ему была присуждена учёная степень доктора технических наук. В предвоенные годы им завершены создание тягового электрического двигателя на перспективное напряжение контактной сети 6 кВ постоянного тока, а также рукопись книги «Тяговые двигатели». В 1938–1939 годах он издал для студентов учебные пособия «Тяговые электрические машины» [9] и «Турбогенераторы» [10].

С 1943 по 1953 год Александр Емельянович был деканом энергетического факультета ЛИИЖТ. В годы Великой Отечественной войны он руководил проектированием автоматической рельсосварочной машины РКСМ-200–201, серийный выпуск которой начался в 1945 году. За разработку рельсосварочной машины, имевшей большое значение для восстановления

разрушенных во время войны железных дорог, Алексеев в 1949 году был удостоен Государственной премии. За монографию «Конструкция электрических машин» [11], изданную тогда же, в 1951 году ему повторно присуждается Государственная премия. Книга несколько раз переиздавалась в СССР и была переведена на иностранные языки.

В послевоенные годы Алексеев работал в области электрификации железных дорог, обосновал идею нового типа высокоскоростного железнодорожного транспорта с линейными асинхронными электродвигателями, выдвинул идею использования магнитного подвеса для поездов в метро. У тяговых электродвигателей постоянного тока по сравнению с асинхронными были недостатки: сравнительно невысокая надёжность коллекторного узла и щёточного аппарата, ограниченная мощность в отведённых габаритах по условиям коммутации и механической прочности, высокие расходы на техническое обслуживание и ремонт, повышенная масса при сравнительно низких значениях вращающего момента, относительно невысокая реализация сцепного веса локомотива и его тяговых свойств. Преимущества асинхронного варианта убедительно демонстрировались во многих

конструкциях. За высокую надёжность и хорошие технико-экономические показатели тяговых двигателей НБ-418К электровозам ВЛ80^Т и ВЛ80^Р был присвоен Государственный знак качества. Под руководством профессора Алексеева созданы первые в СССР макетные локомотивы с асинхронными электродвигателями с частотным управлением скоростью вращения, по результатам испытаний которых промышленностью выпущены опытный электровоз ВЛ80А-751 мощностью 9600 кВт и опытный тепловоз ТЭ-120-001 мощностью 4000 л.с. (2944 кВт). И это лишь часть сделанного им для теории и практики двигателестроения и совершенствования конструкции электровозов и тепловозов [15].

В 1953 году А. Е. Алексеев был избран членом-корреспондентом АН СССР по отделению технических наук (электромашиностроение) и одновременно работал в Институте электромеханики Академии наук. В 1957 году ему присвоили почётное звание заслуженный деятель науки и техники РСФСР.

Академический образ, профессорская степенность, которые с неизбежностью проглядывают в скупых строках его биографии, не должны никого обманывать. Александр Емельянович был исключительно коммуникабельным, живым и увлекающимся человеком. Ещё в 1920–1930 годы начал заниматься альпинизмом. Не стыдился вместе со студентами защищать спортивную честь факультета в различных соревнованиях, часто выигрывал заплывы в бассейнах у своих куда более молодых соперников.

Особенно привлекали его походы в горы, он был кандидатом в мастера спорта по альпинизму. Вместе с коллегами, друзьями им покорены многие перевалы Главного Кавказского хребта, совершены восхождения на вершины Гвандру, Вия-тау, Джантуган, а когда ему было уже за 70 лет, он поднялся на Уллу-Кара (4302 м).

* * *

Александр Емельянович Алексеев умер 16 мая 1975 года в возрасте 83 лет. Основные его научные труды были посвящены тео-

рии, конструированию и проектированию электрических машин, методам их механических и (после появления теории вентиляции) тепловых расчётов.

За плодотворную работу в области теории электрических машин, вклад в методику их конструирования, механических и вентиляционных расчётов, достижения в сфере электрической тяги на постоянном и переменном токе он был награждён орденами и медалями. Имя большого учёного, инженера и исследователя, почётного железнодорожника А. Е. Алексеева присвоено лаборатории электрической тяги в Санкт-Петербургском государственном университете путей сообщения.

Похоронен наш коллега в посёлке Комарово (Ленинградская область).

ЛИТЕРАТУРА

1. Домбровский В. В. Александр Емельянович Алексеев. 1891–1975. — Л.: Наука, 1988, 208 с.
2. Алексеев Александр Емельянович // Большая Советская энциклопедия. — Т. 1. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 608.
3. Алексеев Александр Емельянович // Железнодорожный транспорт. Энциклопедия. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — С. 559.
4. Алексеев Александр Емельянович // Советский энциклопедический словарь. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 38.
5. Минин Г. А., Апатцев В. И. Петербургский институт инженеров железнодорожного транспорта // Железнодорожный транспорт: Энциклопедия. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — С. 301–302.
6. Шелест П. А. Тепловоз // Железнодорожный транспорт: Энциклопедия. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — С. 431–436.
7. Алексеев Александр Емельянович // Большая энциклопедия транспорта. — Т. 4. Железнодорожный транспорт. — М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. — С. 1003.
8. Электрифицированные железные дороги России (1929–2004 гг.) / Под общ. ред. П. М. Шилкина. — М.: Интекст, 2004. — 336 с.
9. Алексеев А. Е. Тяговые электрические машины. — М.: Трансжелдориздат, 1938. — 412 с.
10. Алексеев А. Е. Турбогенераторы. — Л. — М.: Госэнергоиздат, 1939. — 348 с.
11. Алексеев А. Е. Конструкция электрических машин. — Л. — М.: Госэнергоиздат, 1949. — 312 с.
12. Храмов Ю. А. Физики: Биографический справочник. — Киев: Наукова думка, 1977. — 512 с.
13. Алексеев А. Е. Тяговые электрические машины и преобразователи. — Л.: Энергия, 1967. — 432 с.
14. Домбровский В. В. Александр Емельянович Алексеев. — Л.: Наука, 1988. — 208 с.
15. Электрические машины и электрооборудование тепловозов / Под ред. Е. Я. Гаккель. — М.: Транспорт, 1981. — 256 с.

Координаты автора: Григорьев Н. Д. — (495) 684–21–19.

Статья поступила в редакцию 31.07.2018, принята к публикации 05.12.2018.



GIVING ELECTRIC POWER

Grigoriev, Nikolai D., Russian University of Transport, Moscow, Russia.

ABSTRACT

The article describes the biography of Alexander Alekseev, who greatly contributed to development of railway electric engineering in Russia in the middle of the 20th century. hundred years ago, when work on creation of the first domestic traction motors for rail locomotives

Keywords: electrical engineering, transport, energy, electric motors, Alexander Alekseev, design of electrical machines, history, biography pages.

Background. Electrotechnical scientist, one of the founders of the Russian school of electrical engineering, professor, doctor of technical sciences, corresponding member of the USSR Academy of Sciences, honored railway employee Alexander Yemelyanovich Alekseev was born on November 27 November (15 by old style calendar) 1891 in a peasant family in the village of Sorokino, Kashinsky district, Tver province (now Kimry district of Tver region). After the famine of 1891–1892, the family moved to St. Petersburg.

Objective. The objective of the author is to consider life and scientific achievements of a prominent electrotechnical scientist Alexander Yemelyanovich Alekseev.

Methods. The author uses general scientific methods, historical-retrospective method, scientific description.

Results. Alekseev began his career in 1907 after graduating from a vocational school in mechanical engineering of the Imperial Russian Technical Society. For a considerable time, the young man worked as a turner at the plant «Elektrik». In 1916, through the competition of certificates, he entered the Electromechanical Department of Petrograd Electrotechnical Institute (now St. Petersburg State Electrotechnical University).

During his studies, when he was still a student, under the guidance of professor J. M. Gakkel, he designed and manufactured DC electric traction motors PT-100 for the first Russian locomotive Shch^{EL} with electric transmission, which on November 7, 1924 made a trip on Oktyabrskaya Railway. This diesel locomotive was preserved and installed in 1972 as a historical relic for eternal parking in Moscow at Khovrino station, then removed in 1997 to the railway museum at Warsaw station in St. Petersburg, that in 2017 was transformed into the Museum of railways of Russia. The electrical engineering student also participated in the design of the first traction electric motors for the tram, which became a separate, but again significant, page of his biography.

After graduating from the institute in 1925 with the specialty «electrical engineer», Alexander was appointed as the head of the new construction department, and then the technical director of the Leningrad Electrical Machinery Plant «Electrosila», that is, he became the first chief designer of the subsequently famous giant enterprise. Under his leadership, the first domestic hydrogenerators for Volkhovskaya, Zemo-Avchalskaya, Rionskaya, Svirskaia, Dneprovskaya HPP, a series of turbogenerators up to 50 MW and other large electric machines, the firstborn of the Soviet power engineering, which ensured the implementation of GOELRO plan (the state electrification program of the country) were developed.

He was fluent in three foreign languages (French, German, English), thanks to which his business trips to electrical engineering firms in the USA, Germany, Sweden, Switzerland, Czechoslovakia, France and other

and trams was just beginning in the country, no one knew the name of this famous man now included in the chronicle of Soviet and Russian science. Thanks to the talent and dedication of such scientists and designers as Alexander Alekseev, the field of energy and electrical engineering has reached great heights in his time.

countries turned out to be very productive. Designed under the direction of the chief designer electrical machines, collector DC converters from the battery to three-phase current with a frequency of 50 Hz, traction motors for diesel locomotives with electric transmission, charging units for radio stations and other electrical equipment for the power industry, metallurgical industry, the navy were in any way not inferior to foreign counterparts.

From 1932 to 1975, Alekseev worked at Leningrad Institute of Railway Engineers (LIIZhT, now St. Petersburg State Transport University), while remaining a consultant for design of large electric generators and engines at «Elektrosila» factories, Novocherkassk and Tbilisi electric locomotive building plant. In 1936, he was elected professor and head of the department of «Electric Machines», which he headed until the end of his days, nearly for forty years [8]. In 1938, without defending a thesis and considering the totality of completed scientific work, he was awarded the degree of D.Sc. (Eng). In the pre-second world war years, he completed the creation of a traction electric motor for a prospective voltage of a contact network of 6 kV DC, as well as the manuscript of the book «Traction motors». In 1938–1939, he published for students the textbooks «Traction electric machines» [9] and «Turbogenerators» [10].

From 1943 to 1953, Alexander Emelyanovich was the dean of the energy faculty of LIIZhT. During the Great Patriotic war (1941–1945), he led the design of the automatic rail welding machine RKSM-200-201, the serial production of which began in 1945. For development of the rail welding machine, which was of great importance for restoration of railways destroyed during the war, Alekseev in 1949 was awarded the State Prize. For the monograph «The design of electric machines» [11], published at the same time, in 1951 he was again awarded the State Prize. The book was reprinted several times in the USSR and was translated into foreign languages.

In the post-war years, Alekseev worked in the field of electrification of railways, substantiated the idea of a new type of high-speed rail transport with linear asynchronous electric motors, and put forward the idea of using magnetic suspension for trains in the metro. In comparison with asynchronous DC motors, there were drawbacks: comparatively low reliability of the collector unit and the brush unit, limited power in the allotted dimensions according to the switching conditions and mechanical strength, high maintenance and repair costs, increased mass at relatively low torque values, relatively low implementation of the coupling weight of the locomotive and its traction properties. The advantages of the asynchronous version have been convincingly demonstrated in many designs. For high reliability and good technical and economic performance of traction motors NB-418K, VL80^r and VL80^g electric locomotives were awarded the State Quality Mark. Under the guidance of



Alexander Alekseev at the department of Electric machines in Leningrad institute of railway engineers (now St. Petersburg Transport University).

professor Alekseev, the first prototype locomotives with asynchronous electric motors with frequency control rotational speed were created in the USSR. According to the test results, the industry produced an experimental electric locomotive VL80A-751 with a capacity of 9600 kW and an experimental diesel locomotive TE-120-001 with a capacity of 4000 hp (2944 kW). And this is only a part of what he did for the theory and practice of engine building and improvement of the design of electric locomotives and diesel locomotives [15].

In 1953, A. E. Alekseev was elected a corresponding member of the USSR Academy of Sciences in the field of technical sciences (electrical engineering) and at the same time worked at the Institute of Electromechanics of the Academy of Sciences. In 1957, he was awarded the honorary title of Honored Scientist and Technician of the RSFSR.

The academic image, the professorial staidness, which inevitably appear in the meager lines of his biography, should not deceive anyone. Alexander Emelyanovich was extremely sociable, lively and enthusiastic person. In 1920–1930s he began to engage in mountaineering. He was not ashamed, together with the students, to defend the sporting honor of the faculty in various competitions, often won swims in the pools from his much younger rivals.

Especially attracted by his hiking in the mountains, he was a candidate for the master of sports in mountaineering. Together with his colleagues and friends, he conquered many passes of the Main Caucasus Range, climbed the peaks of Gvandra, Wii-Tau, Dzhanutagan, and when he was already over 70 years old, he climbed Ullu-Kara (4302 m).

Conclusion.

Alexander Yemelyanovich Alekseev died on May 16, 1975 at the age of 83 years. His main scientific works were devoted to the theory, design of electrical machines, the methods of their mechanical and (after the appearance of the theory of ventilation) thermal calculations.

For fruitful work in the field of the theory of electric cars, contribution to the method of their design, mechanical and ventilation calculations, achievements in the field of electric traction on direct and alternating current, he was awarded orders and medals. The name of a great scientist, engineer and researcher, honorary railway worker A. E. Alekseev was assigned to the electric traction laboratory at St. Petersburg State Transport University.



Pilot electric locomotive VL-80A-751.

Our colleague was buried in the village of Komarovo (Leningrad region).

REFERENCES

1. Dombrovsky, V. V. Alexander Emelyanovich Alekseev. 1891–1975. Leningrad, Nauka publ., 1988, 208 p.
2. Alekseev Alexander Emelyanovich. Big Soviet Encyclopedia. Vol. 1. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1985, p. 608.
3. Alekseev Alexander Emelyanovich. Railway transport. Encyclopedia. Moscow, Great Russian Encyclopedia, 1994, p. 559.
4. Alekseev Alexander Emelyanovich. Soviet encyclopedic dictionary. Moscow, Soviet Encyclopedia, 1985, p. 38.
5. Minin, G. A. Apattsev, V. I. Petersburg Institute of Railway Transport Engineers. Railway Transport: Encyclopedia. Moscow, Great Russian Encyclopedia, 1994, pp. 301–302.
6. Shelest, P. A. Locomotive [Тепловоз]. Railway Transport: Encyclopedia. Moscow, Great Russian Encyclopedia, 1994, pp. 431–436.
7. Alekseev Alexander Emelyanovich. Big Encyclopedia of Transport. Vol. 4. Railway transport. Moscow, Great Russian Encyclopedia, 2003, p. 1003.
8. Electrified railways of Russia (1929–2004) [Электрифицированные железные дороги России (1929–2004)]. Ed. by P. M. Shilkin. Moscow, Intext publ., 2004, 336 p.
9. Alekseev, A. E. Traction electric machines [Тяговые электрические машины]. Moscow, Transzheldorizdat publ., 1938, 412 p.
10. Alekseev, A. E. Turbogenerators [Турбогенераторы]. Leningrad-Moscow, Gosenergoizdat publ., 1939, 348 p.
11. Alekseev, A. E. Construction of electrical machines [Конструкция электрических машин]. Leningrad-Moscow, Gosenergoizdat publ., 1949, 312 p.
12. Khramov, Yu. A. Physics: A Biographical Reference [Физика: Биографический справочник]. Kiev, Naukova Dumka publ., 1977, 512 p.
13. Alekseev, A. E. Traction electrical machines and converters [Тяговые электрические машины и преобразователи]. Leningrad, Energia publ., 1967, 432 p.
14. Dombrovsky, V. V. Alexander Emelyanovich Alekseev. Leningrad, Nauka publ., 1988, 208 p.
15. Electrical machines and electrical equipment of diesel locomotives [Электрические машины и электрооборудование тепловозов]. Ed. by E. Ya. Gakkel. Moscow, Transport publ., 1981, 256 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 31.07.2018, accepted 05.12.2018.





ГАЗЕТНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Из консульских донесений. — Русская конкуренция при иностранных железнодорожных поставках. Конкуренция русской железной индустрии в Румынии, как сообщает австрийский консул в Бухаресте, сделала в последнее время громадные успехи. Вслед за заказами локомотивов на с.-петербургских заводах сданы заказы на рельсы заводам в Мариуполе. В новейшее время на румынском рынке фигурируют в качестве поставщиков: завод «Chantier Naval» в Николаеве, равно как заводы железнодорожных материалов в Твери. Повсеместно было отмечено, говорит консул, что русские представляют наидешёвейшие предложения, которыми, вероятно, русские заводы намерены сбыть скопившиеся вследствие перепроизводства последних лет запасы. В Вене же успехи русской конкуренции объясняют следующими обстоятельствами. Со времени русско-японской войны и последовавшей за ней внутренней неурядицы сбыт русской индустрии для отечественных нужд во многих отраслях сократился. Ввиду этого многие заводы обратились к форсированному экспорту. В числе этих фабрик находятся и русские вагоностроительные заводы.

Предложения русских заводов, однако, исключают всякую прибыль. Вчера, например, по сообщению венских газет, русская вагоностроительная индустрия получила новый заказ для сербских казённых железных дорог. Заказ определяется в 3 миллиона франков за 531 вагон. В состоявшемся заседании германского стального треста «Stahl-verkverband», между прочим, было сообщено, что русская конкуренция при экспортных заказах весьма чувствительно сбивает цены. В белградских торгах принимали участие австрийские, венгерские, германские, бельгийские и русские заводы. Дешёвейшие предложения были поданы русскими вагоностроительными фабриками. Предложенные русскими цены оказались на 30 и 40 % ниже австрийских и венгерских предложений. Столь низкие цены русских заводов, думают, обусловлены специальными концессиями (?) означенным заводам со стороны русского прави-

тельства («Торгово-Промышленная газета», № 140, 7 мая 1908 г.).

О Московской окружной железной дороге. — Ввиду появления в периодической печати заметок о бесполезности Московской окружной дороги Управление железных дорог, через «Осведомительное Бюро», даёт пространное разъяснение, в котором рассказывается история возникновения дороги и в заключение говорится следующее:

В настоящее время окружная дорога проходит по слабозаселённой местности, которая не даёт сколько-нибудь значительного количества грузов и пассажиров, а потому не требует немедленного установления местного движения. Ввиду неготовности некоторых сортировочных станций и соединительных ветвей в пунктах примыкания дорог Московского узла к Окружной дороге таковая пока может обслуживать передачу грузов лишь между некоторыми дорогами Московского узла. С окончанием работ, связанных с постройкой Московской окружной дороги, следует ожидать такого ускорения передачи грузов и сокращения бесполезного простоя вагонов в Московском узле, которое, несомненно, окупит произведённые затраты по сооружению новой линии («Новое Время», № 11699, 6 октября 1908 г.).

Ответственность стрелочников и новый аппарата г-на Полковникова. — Не подлежит никакому сомнению, что жизнь пассажиров на железных дорогах, в особенности на Сибирской, всецело находится в руках самого маленького железнодорожного служащего — стрелочника. Каждый поезд, проходя через стрелки, находящиеся в полном и бесконтрольном распоряжении стрелочника, может быть всегда направлен в тупик или на занятый путь. Достаточно одного неправильного поворота баланса стрелки, чтобы поезд столкнулся или полетел под откос и превратился в груды развалин.

Бывают и такие случаи, что, утомившись за своё 12-ти часовое дежурство, один стрелочник засыпает на стрелке, а другой — с про-

тивоположного конца станционных путей, по рассеянности, принимает на станцию поезд не на тот путь, на который ему приказано, и происходит столкновение поездов, как это и было на разъезде Анжерском; крушение на ст. Мариановка произошло также почти по аналогичным причинам.

Такие катастрофы, происходившие и раньше, заставляли задумываться над положением дел, и помощнику нач. раз. Сиб. дороги г. Полковникову удалось устроить аппарат, показывающий в конторе дежурного агента, в каком положении находится стрелка, через которую должен пройти поезд, и запирает стрелку моментально.

При содействии начал. Сиб. жел. дор., инженера И. К. Иванова, г. Полковникову разрешено применить своё изобретение на ст. Межениновка и доказать его пригодность. На этой неделе постановка аппарата будет закончена, и в присутствии комиссии будут произведены опыты.

Аппарат действует электрическим током и запирает стрелку, так что без разрешения дежурного по станции агента её перевести невозможно, чем и снимается всякая ответственность за положение стрелки с дежурного стрелочника (*«Сибирская Жизнь»*, № 199, 18 сентября 1908 г.).

Наши нравы: 1. Дикий самосуд. — На 67-й версте Нижегородской ж.д., близ Павловского посада, толпа подгулявших парней из деревни Назарьиной нашла себе развлечение, — бросать камнями в телеграфные столбы и разбивать изоляторы. Переездный сторож кр. Авдеев стал уговаривать озорников прекратить это занятие, но они набросились на сторожа с побоями. На помощь к Авдееву выбежал шуринок его кр. Бердин; напрасно, попытавшись отнять Авдеева у парней, он, наконец, стал упрашивать находившуюся с парнями девушку назвать фамилии главных буянов; та отказалась, и Бердин её ударил. Тогда парни выхватили револьверы и, произведя несколько выстрелов, побежали в деревню и стали там рассказывать, что переездный сторож стреляет, мешает им гулять и ранил бывшую с ними девушку. Собрался народ, и толпа человек в 200, вооружившись кольями и камнями, под предводительством сельского старосты Горохова, направилась к переездной будке. Моментально были перебиты все стёкла в окнах сторожевой будки, а затем, ворвавшись, толпа переломала все вещи сторожа, а самого Авдеева

и его шурина вытащили наружу, и избиение повторилось; подверглась побоям и жена Авдеева. О разгроме переездной будки стало известно на станции Павлово. Отсюда приехали два жандарма, которые заставили побоище в самом разгаре. Не желая вступать с толпою в бесполезную схватку, жандармы увезли Авдеева, так как озлобленная толпа заявила жандармам, что если сторож не будет убран, то они разорвут его на клочки. На место происшествия немедленно были вызваны стражники, при виде которых толпа разбежалась, но несколько зачинщиков, а в числе их и староста, были задержаны (*«Голос Москвы»*, № 232, 7 октября 1908 г.).

2. «Зайцы»-изверги. — 4-го октября в шедшем из Москвы почтовом поезде № 4, Нижегородской жел. дор. кондуктором Смирновым, проверявшим билеты, на площадке одного из вагонов была обнаружена компания безбилетных молодых людей. Кондуктор предупредил их, что на следующей станции он представит их к дополнительному сбору. Безбилетные схватили кондуктора и, раскачав, бросили на путь на ходу поезда. Смирнов страшно расшибся и долго лежал на полотне без сознания; опомнившись, он кое-как дотащился до станции Колокша, где и заявил о происшедшем. Вскоре поезду даны были депеши о задержании хулиганов, но они успели скрыться (*«Голос Москвы»*, № 232, 7 сентября 1908 г.).

Сумасшедший машинист. — На днях на товарном поезде, следовавшем из Волоколамска в Москву, внезапно заболел острым психическим расстройством машинист поезда. Не обращая внимания на станционные сигналы, он на полных парах, без остановки, пролетел 80 вёрст.

Помощник машиниста, пытавшийся остановить поезд, едва не поплатился за это жизнью. Машинист хотел его сбросить с паровоза. Катастрофа была предупреждена лишь благодаря находчивости помощника машиниста, который подошёл к сумасшедшему и закричал: «Мы едем в тупик». Последний моментально остановил поезд (*«Москва»*, № 1, 20 октября 1908 г.).

(Железнодорожное дело. — 1908. — № 43. — С. 268).

Редакция выражает благодарность персоналу библиотеки Российского университета транспорта за помощь в подготовке материала.





NEWS REPORTS

From the consular reports. — *Russian competition for foreign rail shipments.* The competition of the Russian iron industry in Romania, as reported by the Austrian consul in Bucharest, has made tremendous progress recently. Following orders of locomotives at St. Petersburg plants, orders for rails were delivered to plants in Mariupol. In recent times, the Romanian market has got as suppliers: the Chantier Naval plant in Nikolaev, as well as the railway materials plants in Tver. It was noted everywhere, says the consul, that the Russians represent the best offers, using which Russian plants are likely to sell the stocks accumulated due to overproduction of recent years. In Vienna, the success of Russian competition is explained by the following circumstances. Since the Russian-Japanese war and the internal turmoil that followed it, the sale of Russian industry to domestic needs has decreased in many industries. In view of this, many factories turned to forced exports. Among these factories are Russian car-building plants. Proposals of Russian plants, however, exclude any profit. Yesterday, for example, according to Vienna newspapers, the Russian car-building industry received a new order for Serbian state railways. The order is determined at 3 million francs for 531 cars. At the meeting of the German steel trust «Stahl-verkverband», by the way, it was reported that Russian competition for export orders very sensitively undercuts prices. Austrian, Hungarian, German, Belgian and Russian factories took part in the Belgrade auction. The cheapest offers were submitted by Russian car-building factories. The prices offered by the Russians were 30 % and 40 % lower than the Austrian and Hungarian proposals. Such low prices of Russian factories are thought to be due to special concessions (?) to designated plants by the Russian government («*Torgovo-Promyshlennaya gazeta*», No. 140, May 7, 1908).

About Moscow circular railway. — In view of appearance of the notes about the uselessness of Moscow circular railway in the periodical press, the Railway Administration, through the

«Informational Bureau», gives a lengthy explanation, which tells the story of appearance of the railway and concludes with the following:

At present, the circular railway passes through sparsely populated areas, which do not provide any significant amount of cargo and passengers, and therefore does not require immediate growth of local traffic. In view of unavailability of some sorting stations and connecting branches at the points of junction of Moscow junction to Circular railway, it can only serve the transfer of goods between certain railways of Moscow junction. With the completion of work related to construction of Moscow circular railway, we should expect such an acceleration of cargo transfer and reduction of useless idle time of cars in Moscow junction, which will undoubtedly pay back the costs incurred for construction of a new line («*Novoe Vremya*», No. 11699, October 6, 1908).

Responsibility of switchmen and new apparatus of Mr. Polkovnikov. — There is no doubt that the life of passengers on railways, especially on Siberian one, is entirely in the hands of the smallest railway employee, the switchman. Each train, passing through the switches that are in the full and uncontrolled disposal of the switchman, can always be directed to a dead end or to a busy road. It's enough to make just one wrong turn of the balance of the switch to make the trains collide or fly down the slope and turn into piles of ruins.

There are also such cases that, tired of their 12-hour duty, one switchman falls asleep on the switch and the other from the opposite end of the station tracks, absent-mindedly, takes the train to the station on the wrong route; the collision of trains, as it was at the junction of Anzhersk took place; collision on the station Marianovka also happened for almost similar reasons.

Such crashes that occurred before, forced to think about the situation, and assistant to the head of Siberia railway Mr. Polkovnikov managed to set up an apparatus, showing in the office of the duty agent at what position was

the switch through which the train had to pass, and locking the switch instantly.

With assistance of the head of Siberia railway, engineer I. K. Ivanovsky, Mr. Polkovnikov was allowed to apply his invention at st. Mezheninovka and to prove its suitability. This week the apparatus will be set up, and experiments will be carried out in the presence of the commission.

The apparatus acts by electric current and locks the switch, so that without the permission of an agent on duty at the agent's station, it is impossible to transfer it, that removes all responsibility for the position of the switch from the switchman (*«Sibirskaya Zhizn»*, No. 199, September 18, 1908).

Our morals: 1. Wild lynch law. — At the 67th verst of Nizhny Novgorod railway, near Pavlovsky Posad, a crowd of nagging guys from the village of Nazarina found fun by throwing stones at telegraph poles and breaking insulators. The crossing guard Avdeev began to persuade the mischievous to stop this occupation, but they pounced on the guard with beatings. To help Avdeev his brother-in-law Berdin ran; in vain, trying to take Avdeev away from the guys, he finally began to urge the girl who was with the guys to give the names of the main bad guys; she refused, and Berdin hit her. Then the guys snatched the revolvers and, making several shots, ran into the village and began to tell there that the crossing guard shoots, prevents them from walking and injured the girl with them. People gathered, and a crowd of 200 people, armed with sticks and stones, under the leadership of the village headman Gorokhov, headed for the crossing booth. All the glasses in the windows of the guard booth were instantly broken, and then, having broken in, the crowd broke all the things of the watchman, and pulled out Avdeev and his brother-in-law, and the beating was repeated; Avdeev's wife was also beaten. At Pavlovo station it became known about the defeat of the crossing booth. From there two gendarmes came who found the massacre in full swing. Not wanting to join the mob in a futile fight, the gendarmes took Avdeev away, as the embittered mob told the gendarmes that if the watchman was not removed, they would tear him to shreds. The guards were immediately summoned to the scene, at the sight of whom the crowd had fled, but several instigators, and among them the



headman, were detained (*«Golos Moskvy»*, No. 232, October 7, 1908).

2. «Free-riders»-fiends. — On October 4, in the Moscow postal train No. 4, Nizhny Novgorod railway conductor Smirnov, who checked the tickets, found a company of ticketless young people on the platform of one of the cars. The conductor warned them that at the next station he would submit them for additional fee. Ticketless people grabbed the conductor and, shaking, threw on the track as the train was going. Smirnov hurt himself terribly and lay unconscious on the roadbed for a long time; having come to his senses, he somehow dragged himself to Koloksha station, where he announced what had happened. Soon the train was given despatches about detention of hooligans, but they managed to escape (*«Golos Moskvy»*, No. 232, September 7, 1908).

Crazy driver. — The other day, on the freight train en route from Volokolamsk to Moscow, the train driver suddenly became ill with an acute mental disorder. Ignoring the station signals, he at full speed, without stopping, flew 80 versts.

Assistant driver, trying to stop the train, almost paid for it with his life. The driver wanted to throw him off the locomotive. The catastrophe was warned only because of the resourcefulness of the assistant driver, who approached the lunatic and shouted: «We are going to a dead end». The latter instantly stopped the train (*«Moskva»*, No. 1, October 20, 1908).

(Zheleznodorozhnoe delo [Railway Business], 1908, No. 43, p. 268).

The editors express its gratitude to the staff of the library of Russian University of Transport for their help in preparing the material. ●





Шаропоезд Ярмольчука



Николай ЯРМОЛЬЧУК

Nikolai G. YARMOLCHUK

Ball Train of Yarmolchuk
(текст статьи на англ. яз. –
English text of the article – p. 249)

Судьба этого проекта сложилась незавидно, хотя обещал он многое и резонанс имел немалый. И в СССР, и за рубежом. Изобретение Николая Ярмольчука (1898–1979) казалось вполне перспективным, тем более что в 30-е годы прошлого века о высокоскоростном наземном транспорте можно было лишь мечтать. Но главное – поражала необычность самой идеи. В ней сочетались парадоксальность мысли, вызов привычному ходу вещей, некое интуитивное предвкусие будущего.

Ключевые слова: скоростной транспорт, шаропоезд Ярмольчука, МИИТ, история, проект, патент.

Ярмольчук Николай Григорьевич (1898–1979), инженер железнодорожного транспорта, изобретатель и конструктор шаропоезда.

«**Ка**ждое колесо этого поезда» представляло собой гигантский шар высотой в человеческий рост. Боковушки шаров срезаны, там проходят оси и установлены электродвигатели. Два таких шара, «одетые» в резину, закреплены в голове и хвосте цилиндрического вагона. Шары выступают наружу через прорезы в днище», – так писал американский журнал Popular Science в феврале 1934 года, 85 лет назад, об изобретении советского инженера Николая Ярмольчука.

Журнал подготовил большую публикацию о необыкновенном русском монорельсе: «Появились фрагментарные и противоречивые сообщения из СССР о новом революционном типе железной дороги, проходящем тайные испытания. Эти испытания вызвали интерес американского инженерного мира и недавно получили первые полные детальные подтверждения новой системы с фотографиями рабочей модели в эксплуатации».

Автор проекта после Гражданской войны устроился монтером на Курскую железную дорогу. За несколько лет он изучил все особенности этого вида транспорта. В те годы многие специалисты стали задумываться об увеличении скорости поездов. Изучив су-

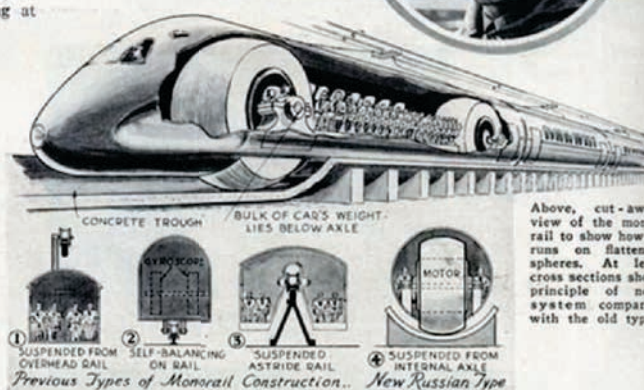
New Russian Monorail

RUNS IN TROUGH
ON BIG SPHERES



Above, note the fishlike snout of the new Russian monorail that runs in a trough. At right, the strange train in action. In circle, M. I. Yarmanchuk, the inventor

FRAGMENTARY and conflicting reports from Russia of a revolutionary new type of railway under secret test there, which aroused the curiosity and interest of the American engineering world, have just been followed by the first complete details of the new system, and actual photographs of a working model in operation. Fully as remarkable as advance reports, the system proposed by M. I. Yarmanchuk, its inventor, calls for streamlined trains running at 125 miles an hour on giant, flattened spheres, twelve feet in diameter, instead of wheels. Each car is supported by two of these spheres, one at each end, and they are whirled by electric motors contained within their shells and mounted on the rigid axles. Since the center of gravity of the car lies below the axle, the car is not topheavy and will not easily overturn. A single curved trough of reinforced concrete serves as a track, entitling the strange system to be classed as a monorail. According to the inventor, this track should cost no more than a standard automobile highway to build. To test his scheme, the inventor has built and operated successfully near Moscow, a model railway with twenty-four-foot cars on a mile-long track. Plans are now under way to construct a thirty-mile railway on the same system, with 120-foot cars.



Above, cut-away view of the monorail to show how it runs on flattened spheres. At left, cross sections show principle of new system compared with the old types

Статья «Новый русский монорельс» в журнале «Popular Science» (США, 1934 г.).

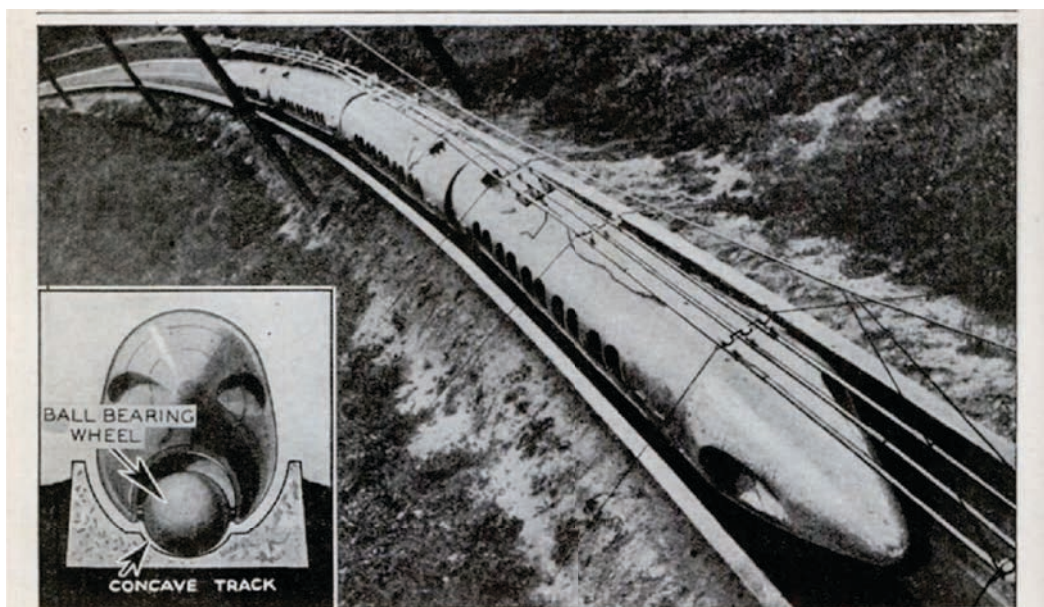
существующие системы и подвижной состав, Ярмольчук пришёл к выводу, что новых решений в существующей системе сделать невозможно, что нужен совершенно иной вид транспорта.

По мнению молодого специалиста, значительно увеличению скорости мешала сама конструкция железнодорожных путей и колёс. Во время движения колёсная пара удерживается на рельсах только за счёт реборд. А при простом наращивании скорости неизбежные биения о рельсы лишь участились бы, увеличивая нагрузку на ходовую часть поезда и повышая риск её разрушения. Инженер предложил радикальную нова-

цию: использовать вместо рельсового пути жёлоб-лоток круглой формы, по которому должен был двигаться шар. Колесо в виде сферы не подвержено биениям и самоориентируется в пространстве.

В первом варианте автор предлагал и абсолютно новые конструкции вагонов. Сам корпус тоже должен был иметь сферическую форму, куда помещались бы все необходимые механизмы и пассажирские кабины. Внешняя поверхность становилась опорной поверхностью и контактировала с жёлобом. Для достижения максимальных характеристик и экономии места поезд надо было оснастить электрическими двигателями.





Фотографии рабочей модели нового типа дороги.

Новая система получила название «Шаро-электрорельсовый транспорт» (сокращённо ШЭЛТ).

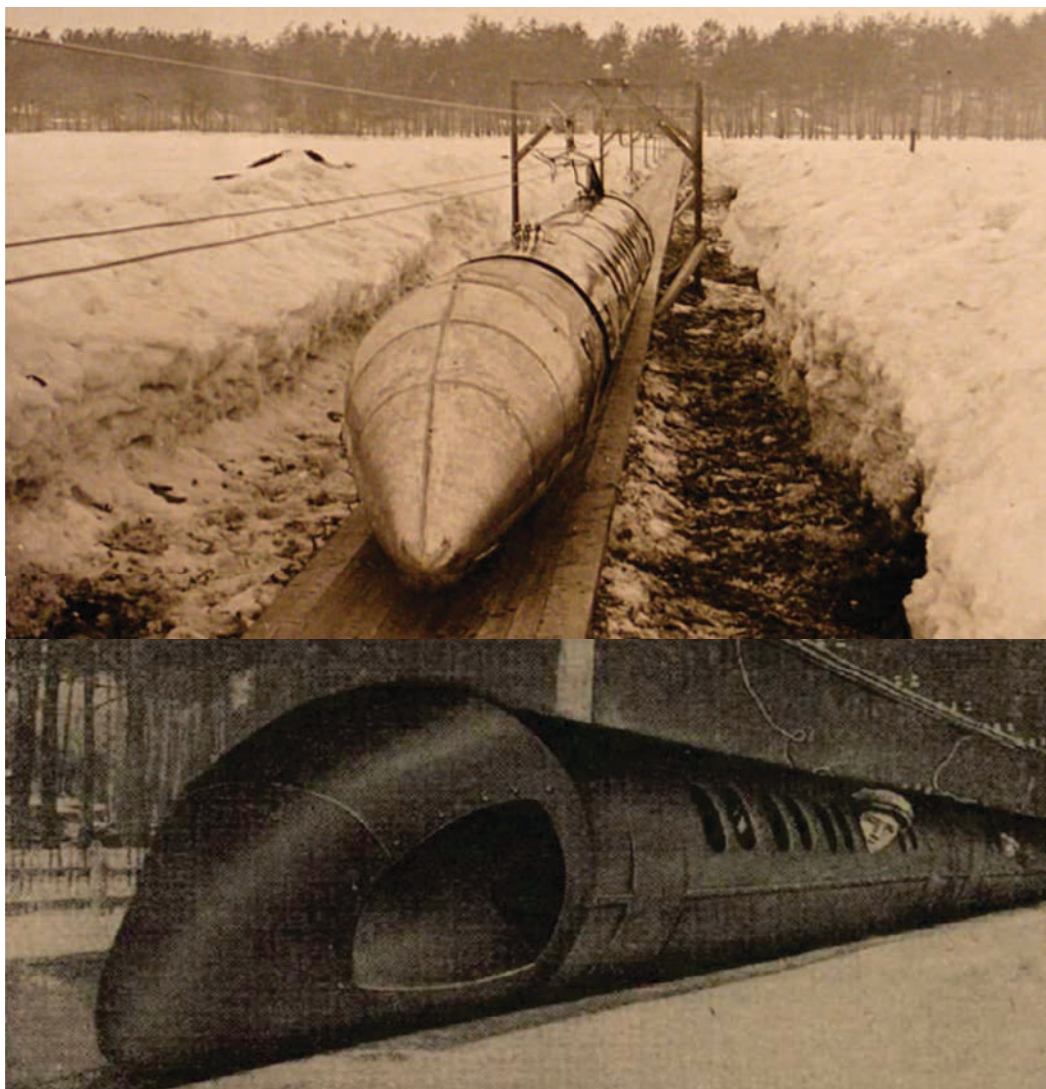
Продолжая заниматься проектом, Ярмольчук окончил МВТУ и МЭИ. Одновременно с этим конструктор «стучался во все двери», пытаясь заинтересовать своим проектом ответственных лиц. Помимо очевидных «скоростных» преимуществ, новый вид транспорта давал ощутимую экономию строительных материалов и упрощение строительства самих дорог. Лоток предлага-

лось делать из железобетона, что сократило бы расход металла. В 20–30-х годах прошлого века рельсы укладывались вручную, а бетонные секции можно было собирать на производстве, а потом монтировать на месте, что значительно экономило время монтажа. Тем не менее проект Ярмольчука до конца 20-х годов оставался только на бумаге.

Высшее образование молодого человека внесло свои «коррективы» в проект. Дипломированный инженер Ярмольчук решил



Николай Ярмольчук во время испытаний. Кадр из кинохроники.



Шаропоезд Ярмольчука мчится по лотку.

отказаться от сферических вагонов, заменив их более обычными, но оснащёнными оригинальной ходовой частью. Вагон оборудовался двумя крупными колёсами, которые располагались впереди и в конце рамы. Новые колёса планировались в форме «шароида» со срезанными боковыми частями из металла и покрытыми резиной. Внутри корпуса — электрический двигатель соответствующей мощности. Обновлённый вариант шаропоезда, по оценке создателя, мог развивать скорость порядка 300 км/ч и перевозить до 110 человек. Путь от Москвы до Ленинграда он способен был преодолеть всего за пару часов.

Государство обратило внимание на революционный проект в 1929 году, когда

в МИИТ, где трудился тогда Ярмольчук, построили первую модель шаровагона. Вагон уверенно двигался по лотку, который был установлен на полу лаборатории. Модель так «убедительно» передвигалась, что при Народном комиссариате путей сообщения создали специальное подразделение «Бюро опытного строительства сверхскоростного транспорта по разработке и реализации изобретения Н. Г. Ярмольчука», сокращённо БОССТ. Отныне над проектом уже работала группа инженеров и техников, и начались официальные лабораторные опыты.

Спустя некоторое время журнал «Техника — Молодёжи» писал: «Молодой, неизвестный Ярмольчук наталкивался на равнодушные и враждебные отношения старых





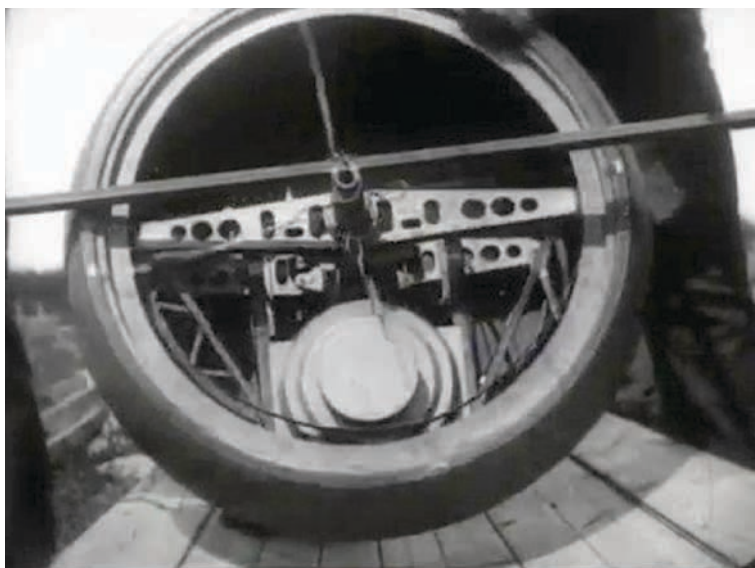
Демонстрация устойчивости колеса. После наклона оно должно вернуться в нормальное вертикальное положение. Кадр из кинохроники.

специалистов. Они заявляли, что его идея нелепа и неосуществима». Шаропоезда, уверял другой журнал, станут «могучим транспортным средством, способным перебрасывать в кратчайшее время население целых городов». Конечно, не молчали и критики проекта, но их точка зрения тоннула в целом хоре восхваления.

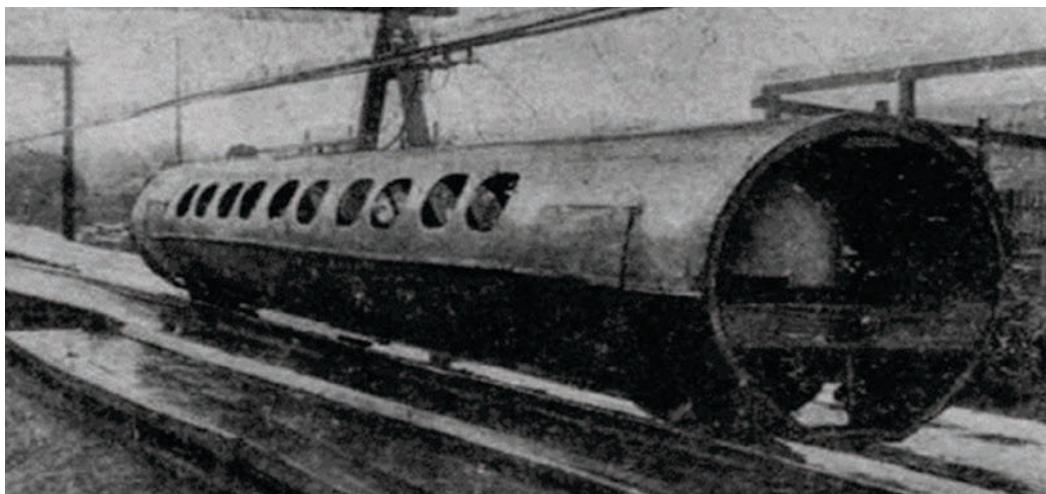
Проектные работы шли до весны 1931 года. Наркомат путей сообщения распорядился построить макетный образец и выделил на это один миллион рублей и участок земли. Недалеко от подмосковной станции «Северянин», на закрытой площадке построили шародром. Он состоял из двух замкнутых колец протяжённостью около трёх

километров, связанных между собой. Лоток сделали деревянным. В 1932 году был изготовлен шаровагон в 1/5 натуральной величины. Через полгода — поезд из пяти вагонов. Состав представлял собой единое тело — гибкое, гладкое, с низким клиренсом. Первый вагон снабдили обтекателем, в нём была кабина машиниста. Сине-красный шаропоезд мчался по лотку со скоростью до 70 километров в час.

К строительству опытного участка привлекли 89 специалистов. Из-за сложной продуктовой ситуации в СССР помимо дороги был разбит огород. На 15 га земли посадили овощи, чтобы сотрудники не отвлекались от государственных дел. И они,



Внутренние агрегаты колеса: рама и подвешенный под ней электродвигатель. Кадр из кинохроники.



Шаровагон Н. Г. Ярмольчука.

что было сил, проверяли устойчивость, безопасность, тормозную систему, надёжность лотка и «шароидов». В каждом опытном вагоне помещалось два пассажира, правда, только в лежачем положении.

Корреспондент журнала «Знание — сила» Д. Липовецкий был одним из таких пассажиров. Вот как он описывал свои ощущения: «Когда я влез в узкий вагончик, меня мучили сомнения. Мне казалось, что поезд на быстром ходу должен соскочить с лотка, обязательно перевернуться. Ничего такого не случилось. Мягко, чуть покачиваясь, без привычного железного перестука колёс, поезд глотал пространство. На кривых он автоматически наклонялся, сохраняя равновесие, подобно велосипеду. Одетые в резину шары бесшумно вертелись, унося вперёд металлическую змею с огромной скоростью».

Результаты испытаний без задержки рассмотрены на экспертном совете во главе с академиком С. А. Чаплыгиным. Заключение было весьма положительным. Основной смысл его сводился к следующему: строить шаролотковую дорогу надо, никаких технических препятствий к этому советом «не усматривается».

Революционный проект вдохновлял и советских поэтов. Владимир Нарбут после своей поездки на чудо-поезде написал:

*По неглубокому лотку
(Почти по жёлобу для кегель)
Он пущен.
Он летит под гул,
Снаряд напоминая некий...*

13 августа 1933 года Совнарком своим постановлением обязал Комиссариат путей сообщения приступить к строительству «в кратчайшие сроки» опытно-эксплуатационной шаролотковой дороги. Речь шла о «дороге средних габаритов», с уменьшенными вагонами, с шарокатками диаметром два метра и скоростью 180 км/ч. Постройка «взрослой» дороги для поездов с шаровыми катками диаметром 3 м 70 см и скоростью 300 км/ч откладывалась на ближайшее будущее. Экспериментальная дорога позволила бы накопить опыт, чтобы перейти к сверхскоростям.

Требовалось найти подходящую трассу. Было предложено два варианта: Москва—Звенигород и Москва—Ногинск. Предпочтение отдали второму варианту. Новая дорога должна была связать промышленные районы Подмосковья. В Москве трасса начиналась у Измайлово, недалеко от сегодняшней станции метро и трамвайных остановок. По предварительным оценкам шаролотковые поезда могли в год перевозить до пяти миллионов пассажиров.

Строительство первой в мире лотковой дороги планировалось завершить к осени 1934 года, к XVII годовщине Октября. Но стройка так и не началась. Всплыли проблемы, которые свойственны всем монорельсовым системам. Большая стоимость, сложность стрелок, обледенение жёлоба зимой. Решение этих проблем требовало времени и средств, которых тогда не хватало.





Такими предполагались шаропоезд (схема пассажирского салона) и конечная станция экспериментальной трассы.

Как ни относиться к самой идее шаропоезда, очевидно, что Н. Г. Ярмольчук был талантливым инженером, пионером в создании сверхскоростного поезда. Некоторые его идеи легли в основу конструкций поездов на воздушной подушке, резиновое покрытие колёс применяется в поездах метро, стали привычными обтекаемые формы вагонов, аэродинамические тормоза.

Увы, сам шаропоезд так и остался лишь поучительной страницей в истории развития транспорта. Опытную трассу возле станции Северянин вскоре разобрали. Вагоны шаропоезда, видимо, пошли на металлолом.

Сам Николай Ярмольчук пережил войну, участвовал в сражении на Курской дуге, получил орден Красной Звезды, будучи инженер-капитаном, а потом продолжал трудиться рядовым инженером на железной дороге.

В 1950-е годы в свободное от работы время вёл кружок юных конструкторов в Бауманском районном Доме пионеров Москвы и никогда не прекращал работу над своим «шаропроектom». Более того, под его руководством ребята из Дома пионеров создали универсальную модель шаропоезда для езды по дорогам с любым покрытием и она была представлена на Всемирном фестивале молодёжи и студентов в Москве (1957 г.).

Отметим и две другие существенные детали. Первая: инженером Ярмольчуком

Николаем Григорьевичем 13 июля 1929 года, как свидетельствует База патентов СССР, была подана заявка на изобретение транспортной системы, а согласно опубликованного 31 января 1935 года сообщения ему выдан на неё патент № 96929. Вторая деталь: в Центральном музее железнодорожного транспорта (Санкт-Петербург) проекту шаропоезда Ярмольчука отныне посвящена отдельная экспозиция.

**По публикациям отечественных
и иностранных СМИ подготовила
Алла ШЕЛИХОВА**

ЛИТЕРАТУРА

1. Эрлих А.И. Поезд на шару // Огонек. — 1933. — 20 октября.
2. В бой за технику. — 1933. — № 11.
3. Popular science. — 1934. — February. — P. 41.
4. Modern Mechanix. — 1934. — February.
5. Юный техник. — 1957. — № 5. — С. 24–27.
6. Лурье А. Шэлт // Техника — Молодёжи. — 1933. — № 5. — С. 68–73.
7. Липовецкий Д. // Знание — сила. — 1933.
8. Ярмольчук Н.Г. Статьи и доклады (1929–1962): «К вопросу о создании и реализации идей шаротранспорта в СССР», «Основные технические установки для реализации сверхскоростного движения по шаровой системе транспорта», «Принцип однолинейного движения и осуществления его в высокоскоростной транспортной технике шаропоезда», «Шаропоезд и его применение в сельскохозяйственном производстве». [Электронный ресурс]: http://guides.eastview.com/browse/gbfond.html?jsessionid=abczp7bP7HQBohO-IV5nu?bid=104&fund_id=57013&sort=title&direction=desc.

BALL TRAIN OF YARMOLCHUK

The article is devoted to almost forgotten idea of a train running on spheres or balls. The fate of this project was unenviable, although it promised many things and had a considerable feedback both in the USSR and abroad. The invention of Nikolai Yarmolchuk (1898–1979) seemed quite promising, especially

since in the 30s of the last century one could only dream of high-speed ground transportation. But the main thing – the unusualness of the idea itself struck. It combined the paradox of thought, the challenge to the usual course of things, a kind of intuitive anticipation of the future.

Keywords: high-speed transport, ball train of Yarmolchuk, history, project, patent.

«Each wheel of this train» was a giant ball or sphere as tall as a man. The sides of the balls are cut off, axes pass there and electric motors are installed. Two such balls, «dressed» in rubber, are fixed in the head and rear of the cylindrical car. The balls protrude out through the slits in the bottom», wrote the American journal Popular Science in February 1934,

85 years ago, about the invention of Soviet engineer Nikolai Yarmolchuk.

The journal prepared a large publication on the extraordinary Russian monorail: «Fragmented and conflicting reports from Russia of a revolutionary new type of railway under secret test there, which aroused the curiosity and interest of the American engineering



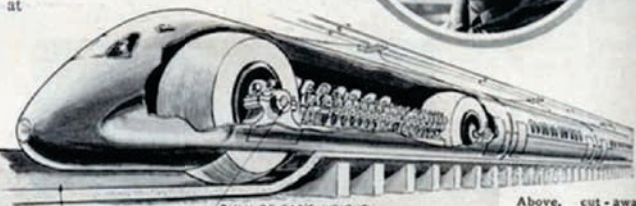
New Russian Monorail

RUNS IN TROUGH
ON BIG SPHERES



Above, note the fishlike snout of the new Russian monorail that runs in a trough. At right, the strange train in action. In circle, M. I. Yarmolchuk, the inventor

FRAGMENTARY and conflicting reports from Russia of a revolutionary new type of railway under secret test there, which aroused the curiosity and interest of the American engineering world, have just been followed by the first complete details of the new system, and actual photographs of a working model in operation. Fully as remarkable as advance reports, the system proposed by M. I. Yarmolchuk, its inventor, calls for streamlined trains running at 125 miles an hour on giant, flattened spheres, twelve feet in diameter, instead of wheels. Each car is supported by two of these spheres, one at each end, and they are whirled by electric motors contained within their shells and mounted on the rigid axles. Since the center of gravity of the car lies below the axle, the car is not topheavy and will not easily overturn. A single curved trough of reinforced concrete serves as a track, entitling the strange system to be classed as a monorail. According to the inventor, this track should cost no more than a standard automobile highway to build. To test his scheme, the inventor has built and operated successfully near Moscow, a model railway with twenty-four-foot cars on a mile-long track. Plans are now under way to construct a thirty-mile railway on the same system, with 120-foot cars.



Above, cut-away view of the monorail to show how it runs on flattened spheres. At left, cross sections show principle of new system compared with the old types



1 SUSPENDED FROM OVERHEAD RAIL



2 SELF-BALANCING ON RAIL



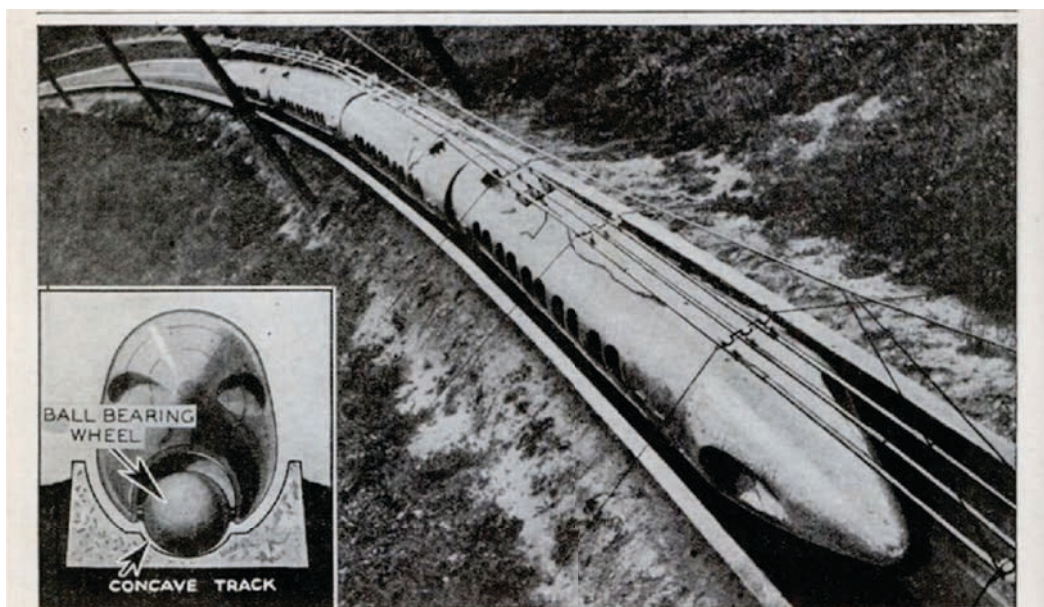
3 SUSPENDED FROM CENTRAL AXLE



4 SUSPENDED FROM INTERNAL AXLE

Previous Types of Monorail Construction... New Russian Type

Article «New Russian monorail» in the journal «Popular Science» (USA, 1934).



Photos of the working model of the new type of railway.

world, have just been followed by the first complete details of the new system, and actual photographs of a working model in operation».

The author of the project after the Russian Civil War got a job as a fitter at Kursk railway. For several years he had studied all the features of this type of transport. In those years, many experts began to think about increasing the speed of trains. Having studied the existing systems and rolling stock, Yarmolchuk came to the conclusion that it is impossible to make new decisions within the existing system, that a completely different type of transport is needed.

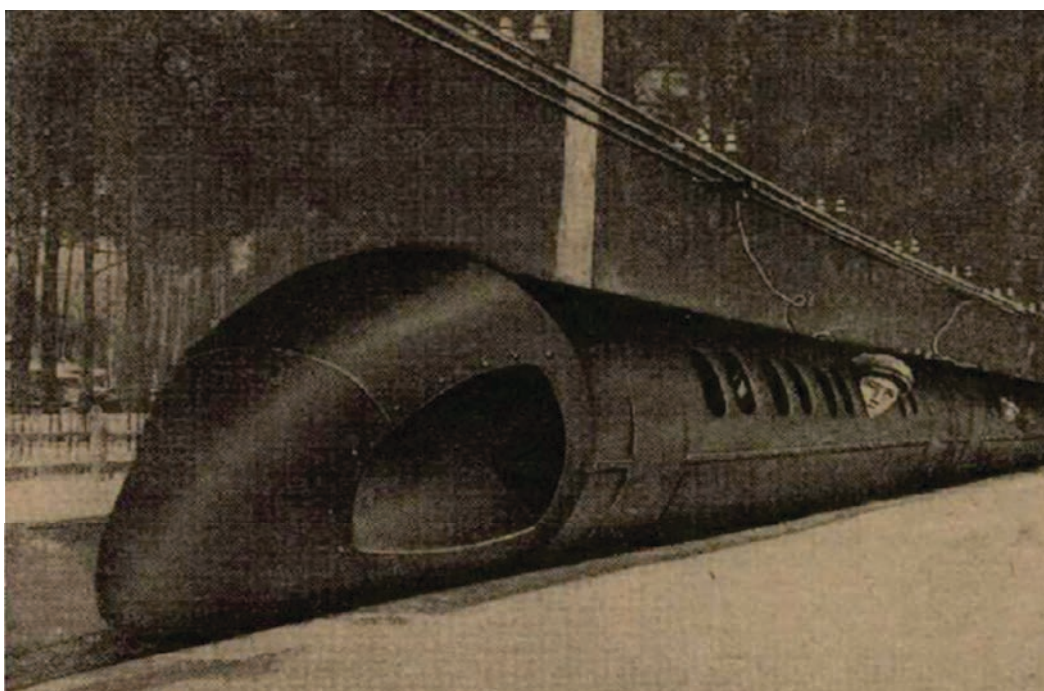
According to the young specialist, a significant increase in speed was hampered by the construction

of railway tracks and wheels. While driving, the wheel set is held on rails only at the expense of wheel flanges. And with a simple increase in speed, the inevitable beats on the rails would only become more frequent, increasing the load on the chassis of the train and increasing the risk of its destruction. The engineer proposed a radical innovation: instead of a rail track, to use a round-shaped chute tray along which the ball was supposed to move. The wheel in the form of a sphere is not subject to beats and is self-oriented in space.

In the first version, the author also offered completely new car designs. The hull itself also had to have a spherical shape, where all the necessary



Nikolai Yarmolchuk during the test. A shot from the newsreel.



Ball train of Yarmolchuk is rushing along the tray. Collage from a newspaper.

mechanisms and passenger cabins would be placed. The outer surface became the supporting surface and was in contact with the chute. To achieve maximum performance and save space, the train had to be equipped with electric motors. The new system is called «Ball electric chute transport» (abbreviated BECT).

Continuing to engage in the project, Yarmolchuk graduated from Moscow Higher Technical School and

Moscow Power Engineering Institute. At the same time, the designer «knocked on all the doors», trying to interest those in charge with his project. In addition to the obvious «speed» advantages, a new type of transport gave significant savings in building materials and was able to simplify the construction of railways themselves. The tray was proposed to be made of reinforced concrete, which would reduce metal consumption. In the 1920s and 1930s, the rails were





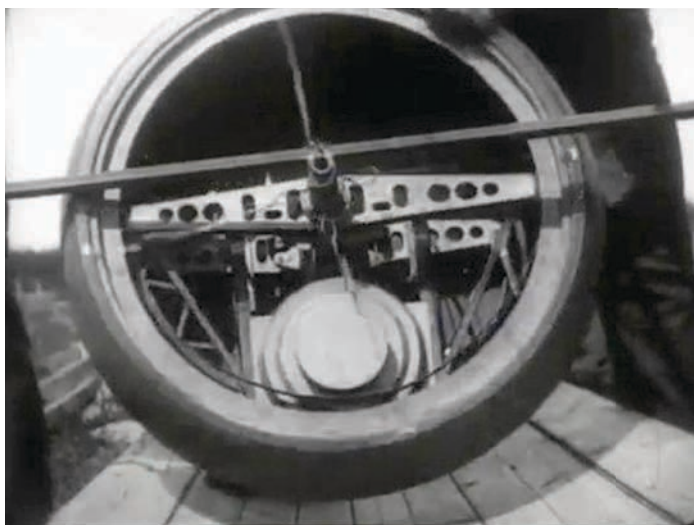
Demonstration of wheel stability. After tilting, it should return to its normal upright position. A shot from the newsreel.

laid manually, and concrete sections could be prefabricated at the industrial site and then mounted on site, which saved installation time significantly. Nevertheless, the project of Yarmolchuk until the end of the 1920s remained only on paper.

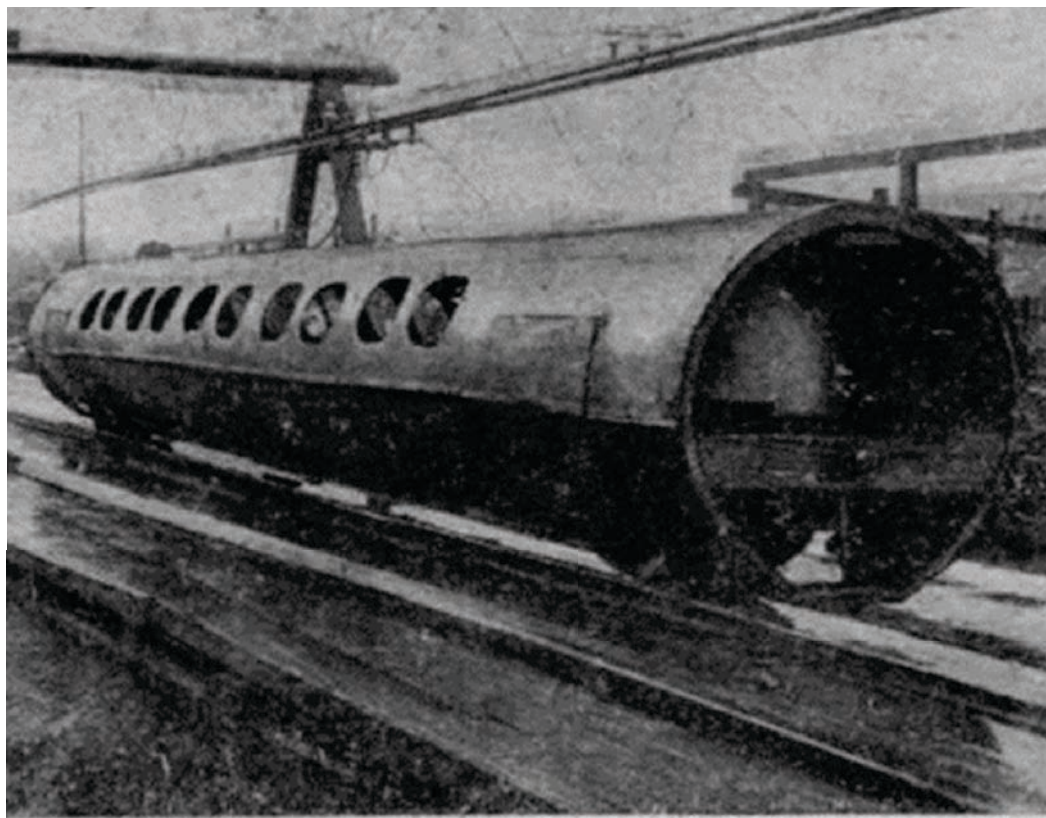
Higher education of a young man made its own «adjustments» to the project. Graduated engineer Yarmolchuk decided to abandon spherical cars, replacing them with more conventional, but equipped with the original chassis. The car was equipped with two large wheels, which were located in front and at the end of the frame. New wheels were planned in the form of a «sharoid» with cut off side parts made of metal and covered with rubber. Inside the hull there was an electric motor of appropriate power. According to

the creator's estimate, the updated version of the ball train could reach speeds of about 300 km/h and carry up to 110 people. It was able to overcome the path from Moscow to Leningrad in just a couple of hours.

The state turned its attention to a revolutionary project in 1929, when the first model of a ball car was built at MIIT, where Yarmolchuk worked then. The car confidently moved along the tray, which was installed on the laboratory floor. The model moved so «convincingly» that under the People's Commissariat of Communications, a special unit «Bureau of pilot construction of ultrafast transport for development and implementation of the invention of N. G. Yarmolchuk» was created, abbreviated BOSST. From now on, a group of engineers and technicians



Internal wheel units: the frame and the electric motor suspended under it. A shot from the newsreel.



Ball car of N. G. Yarmolchuk.

were already working on the project, and official laboratory experiments began.

After some time, the journal «Technology – to youth» wrote: «The young, unknown Yarmolchuk ran into indifference and hostile attitude of old specialists. They claimed that his idea was ridiculous and impracticable». The ball trains, another journal assured, would become «a powerful vehicle capable of transporting the population of entire cities in the shortest possible time». Of course, the critics of the project were not silent either, but their point of view sank in the whole chorus of praise.

Design work went on until the spring of 1931. The People's Commissariat for Communications ordered the construction of a mock-up sample and allocated one million rubles and a plot of land for this. Not far from the station near Moscow «Severyanin», in a closed area a ball track was built. It consisted of two closed rings with a length of about three kilometers, interconnected. The tray was made of wood. In 1932 a ball car of 1/5 full size was manufactured. Six months later – a train of five cars. The composition was a single body – flexible, smooth, with low ground clearance. The first car was supplied with a fairing, it had a driver's cab. A blue-red ball ride rushed along the tray at a speed of up to 70 kilometers per hour.

89 specialists were involved in construction of the pilot section. Due to the difficult food situation in the USSR, in addition to the railway, a vegetable garden was laid out. On 15 hectares of land vegetables were planted so that employees were not distracted from public affairs. And they, what was the strength, checked stability, safety, braking system, reliability of the tray and the «sharoid». Each test car fit two passengers, however, only in the supine position.

The correspondent of the journal «Knowledge is power» D. Lipovetsky was one of these passengers. Here is how he described his feelings: «When I got into a narrow trailer, I was tormented by doubts. It seemed to me that the train at high speed should jump off the tray, had to roll over. Nothing happened. Gently, slightly swaying, without the usual iron wheel overhang, the train swallowed space. On the curves, it automatically bent, maintaining balance, like a bicycle. The rubber-clad balls whirled noiselessly, carrying the metal snake forward with great speed».

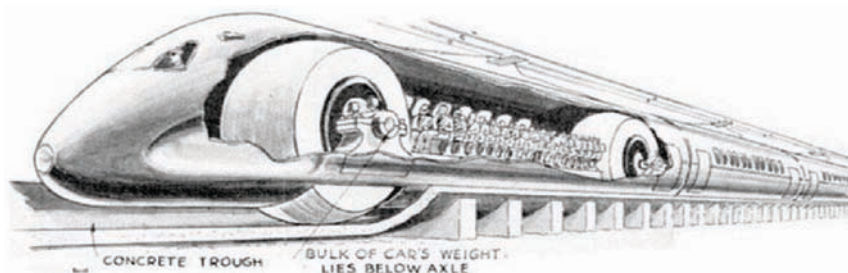
The test results without delay were reviewed by an expert council headed by Academician S. A. Chaplygin. The conclusion was very positive. Its main meaning was as follows: it is necessary to build a ball tray road, no technical obstacles to this are «seen» by this council.

The revolutionary project also inspired Soviet poets. Vladimir Narbut wrote after his trip on the miracle train:

Along the shallow tray
(Almost a chute for a skittle)
It started up.
It flies under the hum,
A shell recalling a certain ...

On August 13, 1933, the Council of People's Commissars obliged by its decree the Commissariat of Communications to begin construction of the pilot-ball track road «as soon as possible». It was about the «medium size road», with reduced cars, with ball skating rinks with a diameter of two meters and a speed of 180 km/h. The construction of an «adult» road for trains with ball skating rinks with a diameter of 3 m 70 cm and a speed of 300 km/h was postponed to the near future. An experimental road would allow





These were intended to be a ball train (passenger cabin layout) and the end station of the experimental route.

one to gain experience in order to advance to super speeds.

It was required to find a suitable route. Two options were proposed: Moscow–Zvenigorod and Moscow–Noginsk. Preference was given to the second option. The new road was supposed to connect the industrial areas of Moscow region. In Moscow, the route started at Izmailovo, not far from the metro and tram stops. According to preliminary estimates, the ball trains could carry up to five million passengers a year.

The construction of the world's first tray road was planned to be completed by the autumn of 1934, by the 27th anniversary of 1917 October revolution in Russia. But the construction had not begun. Problems emerged that are common to all monorail systems. High cost, complexity of switches, icing of the tray in winter. Solving these problems required time and money, that were missing.

No matter what is your attitude to the very idea of a ball train, it is obvious that N. G. Yarmolchuk was a talented engineer, a pioneer in creation of an ultra-high-speed train. Some of his ideas formed the basis for design of hovercraft trains, rubber wheel covers are used in metro trains, streamlined cars and aerodynamic brakes have become common.

Alas, the ball train itself remained only an instructive page in the history of transport development. Test track near the station «Severyanin» was soon dismantled. The cars of the ball train apparently went for scrap.

Nikolai Yarmolchuk himself survived the war, participated in the battle of Kursk, received the Order of the Red Star, being a captain engineer, and then continued to work as an ordinary engineer on the railway.

In the 1950s, in his free time, he led a circle of young designers in the Baumansky District House of Pioneers in Moscow and never stopped working on

his «ball project». Moreover, under his leadership, the guys from the House of Pioneers created a universal model of a ball train for driving on roads with any surface and it was presented at the World Festival of Youth and Students in Moscow (1957).

We note two other significant details. First: Nikolai Grigorievich Yarmolchuk, an engineer, on July 13, 1929, as the base of patents of the USSR testifies, filed an application for the invention of the transport system, and according to a message published on January 31, 1935, he was given a patent No. 96929. The second detail: in the Central Museum of railway transport (St. Petersburg) a separate exhibition is now devoted to the project of Yarmolchuk's ball train.

**Publication based on Russian
and foreign sources prepared by
Alla SHELIXHOVA**

REFERENCES

1. Erlich, A. I. Train on the balls. Ogonyok, 1933, October 20.
2. Struggling for machinery, 1933, November, Iss. 11.
3. Popular science, 1934, Feb., p. 41.
4. Modern mechanics, 1934, Feb.
5. Young technician [Yuny tekhnika], 1957, Iss. 5, pp. 24–27.
6. Lurie, A. SHELIT. Tekhnika-molodezhi, 1933, Iss. 5, pp. 68–73.
7. Lipovetsky, D. Znanie – sila, 1933.
8. Yarmolchuk, N. G. Articles and reports (1929–1962): [Electronic resource]: http://guides.eastview.com/browse/gbfond.html?jsessionid=abczp7bP7HQBohO-IY5nu?bid=104&fund_id=57013&sort=title&direction=desc.



БИОГРАФИЯ 256

Русский испанец Бетанкур и его наследие.

АВТОРЕФЕРАТЫ 263

- Динамические воздействия на пологие оболочки.
- Саморегенерирующие фильтры судовых дизелей.
- Навигационная безопасность буксировки плавучих сооружений.
- Ресурсно-временная оптимизация управления аэропортом.
- Эффективность систем виброизоляции.
- Интеллектуальное распознавание железнодорожных схем.
- Методика расчёта лёгких стальных тонкостенных профилей.
- Обоснование программ бизнес-процессов.
- Оценка инновационных проектов высокоскоростного транспорта.
- Управление тяговыми электродвигателями.
- Сезоннопромерзающие грунты и фундаменты.

НОВЫЕ КНИГИ 267

Издательства знакомят с вышедшей литературой о транспорте.

BIOGRAPHY 256

Agustin de Betancourt y Molina and his heritage.

SELECTED ABSTRACTS OF PH.D. THESES 263

- *Dynamic impact on shallow shells.*
- *Self-regenerating filters of marine diesel engines.*
- *Navigation safety of towing of floating structures.*
- *Resource-time optimization of airport management.*
- *Methods for calculating light steel thin-walled sections.*
- *Intelligent recognition of railway circuits.*
- *Substantiation of programs of enhancement of business processes.*
- *Assessment of innovation projects for high-speed land transport.*
- *Control of traction electric engines.*
- *Seasonally freezing soils and foundations.*
- *Efficacy of vibration protection systems.*

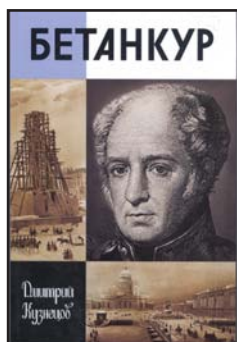
NEW BOOKS 267

New editions of publishing houses on transport and transportation.

КНИЖНАЯ ЛОЦИЯ • BIBLIO-DIRECTIONS



Хроника генерала Бетанкура



*English text
of the review
of the book is at
p. 260*

Кузнецов Д. И. Бетанкур. – М.: Молодая гвардия, 2018. – 472 с. – Жизнь замечательных людей: сер. биогр.; вып. 1720. – ISBN 978-5-235-04094-6.

Книга рассказывает о судьбе выходца с Канарских островов, русского испанца Августина Бетанкура – учёного, инженера, архитектора, главного директора путей сообщения Российской империи. Находясь на государственной службе при дворе Александра I все последние 16 лет своей жизни и будучи в чине генерала, занимая министерский пост, он сумел сделать очень многое, осуществил немало масштабных и крайне важных для страны проектов. Благодаря ему были созданы Корпус инженеров путей сообщения и Институт Корпуса инженеров путей сообщения – первое в России высшее учебное заведение, готовившее с 1810 года инженерные кадры европейского уровня и положившее тем самым начало отечественной системе инженерного образования.

Ключевые слова: история транспорта, инженерное образование, Бетанкур, биография, Институт Корпуса инженеров путей сообщения, транспортное строительство, архитектурно-строительные проекты, изобретения.

Прежде всего надо отметить, что книгу, вышедшую в популярной и давней биографической серии «Жизнь замечательных людей», неслучайно предваряют обращение к читателям и предисловие ректоров двух уважаемых вузов – Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого академика РАН А. И. Рудского и Петербургского государственного университета путей сообщения А. Ю. Панычева.

Первый в своём обращении к читательской аудитории с полным основанием числит Августина де Бетанкура создателем российской системы высшего инженерного образования. Причём дело не только в том, что точкой отсчёта этому стало подписание в 1809 году (210 лет назад) императором Александром I Высочайшего манифеста об организации Корпуса инженеров путей сообщения, а при нём Института во главе с генерал-лейтенантом Бетанкуром, но и в продемонстрированном тогда «русским испанцем» стремлении к новаторскому практико-ориентированному обучению, целям «снабдить Россию инженерами, которые прямо на выходе из заведения могли бы быть назначены к производству всех работ в Империи» (с. 6). В подтверждение неголословности столь обещающих подходов академик Рудской приводит такой характерный для истории своего вуза факт: когда в 1902 году в политехе начались занятия, около половины преподавателей технических отделений оказались выпускниками Института Корпуса инженеров путей сообщения. То есть, другими словами, в течение почти целого века детище Бетанкура продолжало быть главной «кузницей кадров» для математических, физико-технических, строительных,

всяческих прикладных школ и сфер дорожно-транспортной, производственной и военно-инженерной деятельности.

Кстати, забегая вперёд, стоит вспомнить, что именно ученик Бетанкура и выпускник Института Корпуса инженеров путей сообщения А. А. Розенкамф, получив прекрасную практику в Комитете для строений и гидравлических работ (его тоже возглавлял генерал), впоследствии был назначен директором созданного на волне прогресса паровых машин и железных дорог Московского ремесленного учебного заведения (1837 г.) — будущего МВТУ им. Н. Э. Баумана, а теперь Московского государственного технического университета, известного во всём мире (с. 385—386).

Второй предваряющий текст книги ректор Александр Панычев имеет самое непосредственное отношение и к прошлому, и к настоящему бетанкуровского главного детища, ибо преемником Института Корпуса инженеров путей сообщения (как ни менялись за двести с лишним лет промежуточные его названия) стал нынешний Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I. Перечисляя заслуги основателя вуза, реализованные им проекты, научно-технические идеи, наш современник отдаёт должное и тому, чьё имя сейчас носит учебное заведение, и кто, собственно, дал Бетанкуру саму возможность творить во благо проводимых в стране реформ и одновременно постарался вложить в общественное сознание вполне тривиальную к тому моменту мысль о назревшей необходимости в подготовке инженеров путей сообщения, которые были бы способны сочетать в себе знания и опыт механиков, строителей, геофизиков, архитекторов, использовать новейшие методы и технологии при сооружении мостов, дорог, каналов, портов.

Показательно, что прочтение книги и, естественно, её содержание воспринимаются, судя по комментариям в предисловии, в контексте не только «возвращения имени Бетанкура в пантеон российской и всемирной инженерной славы», но и задач «популяризации инженерного образования» (с. 11.), поскольку потребность в нём после долгого падения с неизбежностью растёт — и это надолго. Сможет ли всё представленное автором повествования — биографиче-

ский материал испанского периода, описанные Дмитрием Кузнецовым жизненные коллизии героя на его второй родине, весьма богатая фактология — пробудить при чтении чей-то интерес настолько, чтобы содействовать популяризаторской миссии книги, спрашивать, разумеется, не приходится. Однако в таком «незаданном» вопросе качественная сторона содержания самого произведения, несомненно, затронута и обойти её молчанием было бы несправедливо.

С этой точки зрения, важно знать, что до сих пор имя Августина де Бетанкура окружено многими загадками, и как раз автор книги попытался разгадать хотя бы некоторые из них, используя порой, по сути, детективные методы расследования и проводя непростые (а подчас, наверное, и тончайшие) архивные изыскания. Характер собранного писателем-исследователем материала в известной мере predetermined нестандартный композиционный ход — свободная, не связанная ни жёсткой хронологией, ни логикой событий или катаклизмами человеческих страстей последовательность глав, лишённая сюжетной интриги. Причём глав сверхкратких, в среднем примерно по 1,5 страницы — арифметика проста: 449 страниц на 310 глав. Концентрат фактов, лаконичность оценок, минимум диалогов (монологов) действующих лиц.

Скупость художественных средств, впрочем, вполне компенсируется обилием событийно-деловой информации, касающейся биографии Бетанкура, а также перемежающихся имён, фактов, сообщений, документов, которые создают достаточно полную картину эпохи Александра I и реальной среды общения, деятельности, личной жизни главного персонажа книги. При всей фрагментарности содержательной канвы читатели вместе с героем наблюдают нравы государственных чиновников (среди них в те годы, надо заметить, был особенно велик процент иностранцев), губернаторов, видят привычные времени появления коррупции, суть и последствия политических интриг, конкурентной борьбы за руководящие кресла. То есть исторический фон сохраняет определённую цельность, а она, в свою очередь, помогает понять обусловленность действий, поступков, необычность самой линии поведения человека, в пятидесятилет-



нем возрасте решившегося подвергнуть риску себя, свою семью, профессиональную репутацию в совершенно чужой стране.

Проглядывающая за всем этим возможность оценить, объяснить книжную фабулу, поверить авторским версиям, бесспорно, не может не привлекать читающую публику. И вряд ли кого-то смутят уже отмеченные фрагментарность/дроблённость в повествовании, отсутствие в нём традиционных для большого произведения вех-ориентиров (части, разделы, крупные главы). Лично мне представляется правильным воспринимать с учётом этого книгу Кузнецова как некую хронику жизни генерала Бетанкура (вспомним Рафаэля Сабатини, между прочим, тоже испанца, и его «Хроники капитана Блада», состоявшие из двух книг). Во всяком случае ничто, полагаю, не мешает нам из разных маленьких сюжетов в удобной для себя последовательности рисовать портрет героя в интерьере двухсотлетней давности.

Каждая главка «хроники» интересна своими деталями, которые потом складываются в своеобразную разномастную мозаику. Например, в том месте, где рассказывается о подписании Александром I манифеста о создании Корпуса и Института инженеров путей сообщения, любопытны сопутствовавшие тем шагам критерии и заданности, условия приёма на вакантные посты, признание катастрофической нехватки инженеров-путейцев. Учреждённый Корпус предусматривал 193 должности, включая трёх генералов-инспекторов, десять начальников округов путей сообщения, 35 профильных директоров, а также 30 инженеров I класса, 45 — II класса, 70 — III класса (с. 104). Что касается Института, то газета «Санкт-Петербургские ведомости» 9 сентября 1810 года сообщала, что он призван занять высокое положение в сфере отечественного образования: «Назначенный инспектор должен соответствовать чину генерал-лейтенанта, а директор не ниже генерал-майора. Профессора должны иметь чин не ниже майора, смотритель мастерских и эконом чин капитана. Воспитанникам же присваивается чин прапорщиков. Таким образом, мундир института будет воинским» (с. 107–108).

Примечательная деталь: в первом выпуске института весной 1813 года из шестнадцати новоиспечённых инженеров путей сообщения двенадцать были участниками

Бородинского сражения. Среди оных значился и Александр Строганов, но не оказалось любимого ученика Бетанкура Сергея Строганова, который уйдя из alma mater на поля Отечественной войны и пройдя Бородино, Смоленск, Тарутино, дойдя в 1815 году до Парижа, уже не вернулся на «пути сообщения» и избрал иной путь — организовал спустя десять лет в Москве первую российскую рисовальную школу, положил начало промышленному дизайну в стране. И сегодня основанное им уникальное учебное заведение носит его фамилию: Московская государственная художественно-промышленная академия им. С. Г. Строганова (с. 247–248).

Немало уделяя место образовательной деятельности Бетанкура, конечно, нельзя отодвигать на второй план его основные обязанности — управлять водяными и сухопутными сообщениями, комитетом для строений и гидравлических работ.

Каждая очередная служебная поездка давала генералу примеры разного толка — от самого настоящего восхищения некоторыми гидротехническими сооружениями (шлюзы Мариинского канала) до нерадостных заключений о состоянии большинства инженерных объектов водной системы, связывающей столицу с рекой Волгой. При этом по ходу осмотра двенадцати незавершённыхстроек Бетанкура, как и его высокопоставленного коллегу, больше всего поразили вопиющие злоупотребления и взяточничество на всех уровнях административного управления. Их совместная докладная записка констатировала: «Здесь могли за взятку пропустить всего 40–50 лодок, задерживая пропуск 500–600 судов, что способствовало в наживе крупным спекулянтам, которые умело повышали или понижали цены на продукты и топливо» (с. 81–82).

Спустя шесть лет после прибытия в Россию Бетанкур в письме родному брату Хосе сообщает о своих достижениях и наградах (в том числе о вручении ему высшего государственного ордена Св. Андрея Первозванного) и называет некоторые осуществлённые им проекты: «Я спроектировал машину для очистки Кронштадтского порта, её чертежи ты видел, когда я работал над ней в Париже. Получилось настолько великолепно, что эта драга каждые две минуты достаёт одну куби-

ческую вару грунта с глубины в 20 футов. Я построил несколько деревянных мостов. Последний из них только что закончен, и его чертёж, сделанный мною пером, посылаю тебе с Араусом. Я полностью обновил литейное дело на оружейном заводе и сделал ещё много дел, которые пришлось бы долго перечислять» (с. 269).

Целый отдельный пласт профессиональной деятельности связывал Бетанкура с реконструкцией Петербурга. С приданием императорским указом ему ещё и Комитета для строений и гидравлических работ городская застройка стала осуществляться исключительно комплексно, с учётом не только единого архитектурного решения, но и всех видов инженерных коммуникаций. Комитет утверждал проекты любых новых жилых и общественных зданий, контролировал само строительство, создание мостов, набережных и тротуаров, следил за городским водоснабжением и канализацией. Специальная комиссия проектов и смет оценивала их экономическую целесообразность, начиная от постройки пристаней и причалов и заканчивая возведением храмов и выпуском паровых машин, станков и насосов (с. 286–287).

Буквально штрихами ещё несколько вех бетанкуровской биографии.

Наступает пора перехода от грунтовых дорог к шоссейным. Крупные государственные дороги полностью отдаются ведомству путей сообщения, и Бетанкур первым в России вводит особый сбор (по сути, дорожный налог) на их содержание — 25 коп. с ревизской души, используя свой опыт в Испании, где он был какое-то время главным инспектором путей сообщения.

Осенью 1820 года, когда в первый рейс по новому шоссе Петербург–Москва отправлялись два дилижанса, а сам объект признали выдающимся не только в России, но и в Европе, в пору было отмечать серьёзный успех отечественной инженерной школы, у истоков которой стоял Институт Корпуса инженеров путей сообщения. Его учёным и питомцам пришлось впервые столкнуться с проблемами возведения земляного полотна на болотах, устройства мостов и труб осушением заболоченных

мест. В результате в «Правила по производству работ» были введены как обязательные три стадии проектирования: общий проект, нормальный проект, исполнительный проект, что вполне отвечает современной стадийности при выполнении аналогичных задач (с. 387, 389).

Весьма крупным проектом даже применительно к масштабам забот генерала Бетанкура следует считать строительство Нижегородской ярмарки, длившееся с 1817 года до конца жизни героя (и это в книге отдельная, разорванная во времени история — в неё надо вникать со всеми подробностями). Любопытна, однако, попутная деталь из разряда тех, что хоть как-то, но могут выдать настроения генерала-путейца относительно наступающей эпохи паровоза и парохода. Чужеземные модели паровых машин и железной дороги тогда уже стояли в музее Института (с. 247). И вот Бетанкур, собираясь на стройку в Нижний Новгород вместе с семьёй, получает приглашение проследовать часть маршрута (до Шлиссельбурга) на пироскафе, судне с паровой машиной — причём сразу же с радостью принимает предложение (с. 369–371). Увы, прямого ответа на провокационный вопрос в контексте книги найти не удаётся. Так и давайте сочтём это оставшейся маленькой загадкой. И притом абсолютно безобидной.

Зато, заговорив о загадках, получаем повод вернуться к сюжету серьёзному. Не до конца разгаданы, склонны думать многие, причины грандиозного пожара напротив московского Кремля в 2004 году, когда огнём спалило Манеж — замечательное архитектурное и инженерное творение Августина де Бетанкура. С описания этого трагического события, собственно, биографическое повествование и начинается (первые три главы — с. 15–20). Автор книги даже берёт смелость утверждать: имя его героя вернул огонь. Не знаю, не знаю... Проверьте столь броскую версию сами.

Юрий ВЛАДИМИРОВ,
кандидат философских наук,
Москва, Россия ●

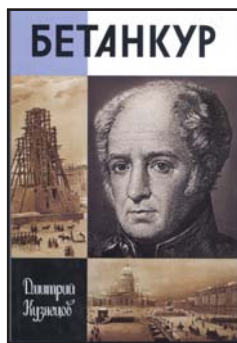


Координаты автора: **Владимиров Ю. В.** – mirtr@mail.ru.

Рецензия поступила в редакцию 17.01.2019, принята к публикации 01.02.2019.

CHRONICLE OF GENERAL BETANCOURT

Kuznetsov, D. I. Betancourt. Moscow, Molodaya gvardia publ., 2018, 472 p. Life of remarkable people: biographic series; issue 1720. – ISBN 978-5-235-04094-6.



ABSTRACT

The book tells the story of life of a Russian subject from the Canary Islands, a Russian Spaniard Augustine Betancourt – a scientist, an engineer, architect, and chief director of transport of the Russian Empire. Being in the public service at the court of Alexander I for the last sixteen years of his life and being in the rank of general, occupying a ministerial post, he managed to do

a lot, carried out many large-scale and extremely important projects for the country. Thanks to him, the Corps of Railway Engineers and the Institute of the Corps of Railway Engineers were created – the first higher education institution in Russia that trained engineering personnel of the European level since 1810 and thus marked the beginning of the domestic system of engineering education and of higher transport education.

Keywords: transport history, engineering education, Betancourt, biography, Institute of the Corps of Railway Engineers, transport construction, architectural and construction projects, inventions.

First of all, it should be noted that the book, published in the popular and long-standing biographical series «Life of remarkable people», is not by chance preceded by a message to readers and the preface written by the rectors of two respected universities – Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, academician of the RAS A. I. Rudsky and Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University A. Yu. Panychev.

The former in his address to the readership considers with good reason Augustine de Betancourt to be the creator of the Russian system of higher engineering education. And the point is not only that the starting point for this was signing in 1809 (210 years ago) by Emperor Alexander I of the Highest Manifesto on organization of the Corps of Railway Engineers, and of the Institute headed by Lieutenant General Betancourt, but also that the «Russian Spaniard» striving for innovative practice-oriented training, proclaimed the goal «to provide Russia with engineers who, right at the exit from the institution, could be assigned to perform all the work in the Empire» (p. 6). In confirmation of unfoundedness of such promising approaches, academician Rudsky cites a case, characteristic of his university: when classes began in 1902, about half of the technical department teachers turned out to be graduates of the Institute of the Corps of Railway Engineers. That is, in other words, for almost a whole century, the brainchild of Betancourt continued to be the main «forge of personnel» for mathematical, physical-technical, construction, all kinds of applied schools and the fields of road-transport, industrial and military engineering activities.

By the way, looking ahead, it is worth remembering that it was a student of Betancourt

and a graduate of the Institute of the Corps of Railway Engineers, namely A. A. Rosenkampf, who after having received an excellent practice in the Committee for structures and hydraulic works (it was also headed by the general), was subsequently appointed director of the Moscow craft school (1837), that was created following the progress of steam engines and railways. The craft school then gave birth to future Moscow Higher Technical School n.a. N. E. Bauman, now Moscow State Technical University, known throughout the world (pp. 385–386).

Rector Alexander Panychev, the author of the second introductory text of the book, is directly related to the past and to the present of Betancourt's main brainchild, because Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University (although the names changed for several times over two hundred years) is the successor to the Institute of the Corps of Railway Engineers. While enumerating the merits of the founder of the university, his projects, scientific and technical ideas, our contemporaries pay tribute to Alexander I whose name now bears the educational institution and who, in fact, gave Betancourt the opportunity to creatively act for the benefit of the reforms being carried out in the country and who tried to persuade the public to share a completely trivial idea about the urgent need to train railway engineers who were able to combine the knowledge and experience of mechanics, builders, geophysicists, architects, to use the latest methods and technologies in construction of bridges, roads, canals, ports.

It is indicative that reading of the book and, naturally, its content are perceived, if we judge by the comments in the preface, in the context of not only «returning the name of Betancourt to the pantheon of Russian and world

engineering glory», but also through the tasks «to popularize engineering education» (p. 11.) since the need for it after a long fall inevitably grows – and this is for a long time. There is no need to ask whether all the narrative presented by the author – the biographical material of the Spanish period, the hero's life conflicts in his second homeland, rich factology will be able to awaken someone's interest to contribute to the book's popularization mission. However, such an «unasked» question touches upon the qualitative aspect of the content of the book, and it would be unfair to bypass it with silence.

From this point of view, it is important to know that until now the name of Augustine de Betancourt is surrounded by many riddles, and the author of the book tried to solve at least some of them, using sometimes, in fact, detective methods of investigation and conducting difficult (and sometimes, probably, the finest) archival research. The nature of the material collected by the writer-researcher to a certain extent predetermined a non-standard compositional course – a free, unrelated sequence of chapters, devoid of plot intrigue, neither a rigid chronology, nor the logics of events or cataclysms of human passions. And the chapters are super-short, on average about 1,5 pages – the arithmetic is simple: 449 pages for 310 chapters. They focus on condensed facts, laconic evaluations, a minimum of dialogues (monologues) of actors.

The stinginess of artistic means, however, is quite compensated by the abundance of event-business information regarding Betancourt's biography, as well as alternating names, facts, messages, documents, which create a fairly complete picture of the era of Alexander I and the real medium of communication, activities, personal life of the main character of the book. For all the fragmentary content of the canvas, the readers, along with the hero, observe the mores of government officials (among them in those years, the percentage of foreigners was especially large), governors, they see the usual times of governing corruption, the essence and consequences of political intrigues, and the competition for leadership positions. That is, the historical background retains a certain integrity, and it, in turn, helps to understand the conditionality of actions, deeds, the singularity of the very line of conduct of a person who being fifty years old decided to put at risk himself, his family, professional reputation in a completely foreign country.

Looking through all this, the opportunity to evaluate, explain the book plot, to believe the author's versions, undoubtedly, cannot but attract the reading public. And it is unlikely that someone will be confused by the already noted fragmentariness/fragmentation in the narrative, the absence of milestones (sections, chapters, major chapters) that are traditional

for a large work. Personally, it seems to me correct to take into account this book of Kuznetsov as a certain chronicle of the life of General Betancourt (remember Raphael Sabatini, by the way, is also a Spaniard, and his «Chronicles of Captain Blood», consisting of two books). In any case, nothing, I suppose, prevents us from using different small plots in a convenient sequence to draw a portrait of the hero in the two hundred years old environment.

Each chapter of the «chronicle» is interesting for its details, which then add up to a kind of variegated mosaic. For example, in the place where Alexander I signed the manifesto on creation of the Corps and the Institute of Railway Engineers, the criteria and assignments accompanying those steps, the conditions for admission to vacant posts, the recognition of the disastrous shortage of railway engineers are curious. The established Corps provided 193 posts, including three generals-inspectors, ten district chiefs of railways, 35 specialized directors, as well as 30 engineers of class I, 45 – of class II, and 70 – of class III (p. 104). As for the Institute, the newspaper St. Petersburg Vedomosti on September 9, 1810, reported that it was called upon to occupy a high position in the field of national education: «The appointed inspector must correspond to the rank of lieutenant-general, and the director is not lower than the major general. Professors must have a rank not lower than a major, a caretaker of workshops and a manciple should have at least the rank of captain. Students are given the rank of ensigns. Thus, the uniform of the institute will be military» (pp. 107–108).

Noteworthy detail: among the first graduation of the institute in the spring of 1813, of sixteen newly graduated railway engineers, twelve had participated in the Battle of Borodino. Alexander Stroganov was also among those, but there was no favorite student of Betancourt Sergey Stroganov, who left alma mater to the fields of the Patriotic War and passed Borodino, Smolensk, Tarutino, having reached Paris in 1815, did not return to the «railways» and chose another way – he organized the first Russian drawing school in Moscow ten years later, laid the foundation for industrial design in the country. And today, a unique educational institution founded by him is named after him: Moscow State Stroganov Academy of Design and Applied Arts (pp. 247–248).

Paying much attention to educational activities of Betancourt, of course, one cannot overshadow his primary responsibilities – to manage water and land communications, a committee for structures and hydraulic works.

Each regular business trip gave the general examples of various kinds – from real admiration of some hydraulic structures (gateways of the Mariinsky Canal) to sad conclusions about the state of most of the



engineering objects of the water system connecting the capital with the Volga River. At the same time, during inspection of twelve unfinished construction projects, Betancourt, like his high-ranking colleague, was most affected by flagrant abuse and bribery at all levels of administrative management. Their joint memorandum stated: «Only 40–50 boats could be processed for a bribe here, delaying the pass of 500–600 ships, which contributed to the profit of large speculators who skillfully raised or lowered the prices of products and fuel» (pp. 81–82).

Six years after arriving in Russia, Betancourt, in a letter to his brother Jos, reports on his achievements and awards (including the award of the highest state order of St. Andrew the First-Called) and names some of his projects: «I designed the cleaning machine for the port of Kronstadt, you saw its drawings when I worked on it in Paris. It turned out so great that this dredge every two minutes takes one cubic vara of soil from a depth of 20 feet. I built several wooden bridges. The last one has just been finished, and I am sending you a drawing with my pen to you with Araus. I completely updated the foundry business at the weapons factory and did many more things that I would have to enumerate for a long time» (p. 269).

A whole separate layer of professional career connected Betancourt with reconstruction of St. Petersburg. With the imperial decree imparting to him also the Committee for structures and hydraulic works, urban development began to be carried out exclusively in a comprehensive manner, taking into account not only a single architectural solution, but also all types of engineering communications. The committee approved the projects of any new residential and public buildings, supervised the construction itself, the creation of bridges, embankments and sidewalks, followed the urban water supply and sewerage. A special commission of projects and estimates assessed their economic feasibility, ranging from the construction of marinas and moorings and ending with the erection of temples and the production of steam engines, machine tools and pumps (pp. 286–287).

A few more milestones of Betancourt's biography can be described as follow.

It is time to go from dirt roads to highways. Large state roads are completely given to the department of communications, and Betancourt is the first in Russia to introduce a special tax (in fact, a road tax) on their maintenance – 25 kopecks from the auditor's soul, using his experience in Spain, where he

was for some time the chief inspector of communications.

In the autumn of 1820, when two stage-lifts set off for the first voyage on Petersburg–Moscow highway, and the object itself was recognized as outstanding not only in Russia but also in Europe, it was time to celebrate the serious success of the national engineering school, originated from the Institute of the Corps of Railway Engineers. For the first time, its scientists and students had to face the problems of building a road bed in swamps, building bridges and pipes by draining wetlands. As a result, in the «Rules for production of works» three design stages were introduced as mandatory: a general project, a normal project, an executive project, which fully corresponds to the modern stadiness when performing similar tasks (pp. 387, 389).

The construction of the Nizhny Novgorod Fair, which lasted from 1817 until the end of the hero's life (and this is a separate story torn in time, that should be considered in detail) should be considered as a very large project even in relation to the scale of General Betancourt's concerns. Curious, however, is a passing detail from the category of those that at least somehow, but may give the mood of a general-railway engineer concerning the coming era of a steam locomotive and steamboat. Foreign models of steam engines and railways stood already in the museum of the Institute (p. 247). So Betancourt, going to the construction site in Nizhny Novgorod with his family, receives an invitation to follow part of the route (to Shlisselburg) on the pyroscaph, on a ship with a steam engine – moreover, he gladly accepts the offer (pp. 369–371). Alas, a direct answer to the provocative question in the context cannot be found. No, and let's consider it to be a remaining little mystery. And, moreover, absolutely harmless.

But, having started talking about riddles, we get a reason to return to the serious plot. Many are inclined to think, the causes of the grandiose fire in front of the Moscow Kremlin in 2004, when the Manezh burned down with fire – a remarkable architectural and engineering creation of Augustine de Betancourt, are not fully resolved. With the description of this tragic event, the biographical narrative itself begins (the first three chapters, pp. 15–20). The author of the book even takes the courage to argue: the fire made the name of his hero popular once again... I shall not comment on that. Check out such a catchy version you

Yuri V. VLADIMIROV,
Ph.D. ●

Information about the author:

Vladimirov, Yuri – Ph.D. (Philosophy), Moscow, Russia, mirtr@mail.ru.

Review received 17.01.2019, accepted 01.02.2019.

АВТОРЕФЕРАТЫ ДИССЕРТАЦИЙ

*Selected abstracts of Ph.D. theses
submitted at Russian transport universities
(англ. текст – English text – p. 265)*

Боброва В. И. Численный метод расчёта пологих оболочек на динамические воздействия / Автореф. дис... канд. техн. наук. — М.: РУТ, 2018. — 19 с.

В диссертации предлагается алгоритм расчёта пологих оболочек на динамические воздействия на основе обобщённых уравнений метода конечных разностей проф. Р. Ф. Габбасова. По составленной методике подготовлена программа расчёта на ЭВМ, проведена её апробация на решении ряда тестовых задач и получены результаты по новым вариантам, когда предметом вычислений становится состояние пологих оболочек под действием различных видов динамических нагрузок с различными краевыми условиями (а также сочетаниями этих условий).

Работа выполнена в Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете.

Бойко С. П. Моделирование и повышение эффективности функционирования саморегенерирующихся фильтров в смазочных системах судовых дизелей / Автореф. дис... канд. техн. наук. — Владивосток: МГУ им. адм. Г. И. Невельского, 2018. — 26 с.

Разработана модель двухступенчатого фильтрования масла через поровую структуру сложной конфигурации с внешним и внутренним задерживающими участками, позволяющая с высокой точностью рассчитывать тонкость, фракционные коэффициенты и плотность отсева тканых фильтровых сеток полотняного переплетения. Проведена идентификация безразмерной координаты отсева, что даёт возможность по упрощённой схеме моделировать течение суспензии, повышена с использованием специальных табулированных функций точность теоретической оценки эффективности очистки масла саморегенерирующимися фильтрами. Сформулированы показатели эффективности и создана модель противоточной регенерации. Предложены научно-технические решения по совершенствованию конструкций СРФ и повышению эффективности их совместной работы с центробежными очистителями — центрифугами с напорным сливом и самоочищающимися сепараторами промывочного масла.

Бражный А. И. Навигационная безопасность каравана при морских и океанских буксировках плавучих сооружений / Автореф. дис... канд. техн. наук. — Владивосток: МГУ им. адм. Г. И. Невельского, 2018. — 18 с.

В диссертационном исследовании определён уровень информированности при разработке проекта морской буксировки плавучего сооружения с признаками «маломореходного» объекта и показаны пути повышения этой информированности. Предложены оценка структурной устойчивости системы морской

буксировки для подобного объекта при стационарности процесса буксировки, а также модели оценки безопасности плавания при буксировке в рамках линейных предположений и модель механизма стабилизации объекта в полосе положения. Разработан механизм выбора последовательности приоритетных решений, обеспечивающих безопасность маневрирования буксировочной системы при расхождении с навигационными опасностями.

Головченко Г. В. Методы ресурсно-временной оптимизации процесса оперативного управления аэропортом в сбойных ситуациях / Автореф. дис... канд. техн. наук. — СПб.: СПбГУ ГА, 2018. — 22 с.

Проведённый автором концептуальный анализ процессов взаимодействия служб аэропорта и развития ИТ позволил обосновать необходимость разработки метода ресурсно-временной оптимизации очередности отправления воздушных судов (ВС) и графиков работы бригад по ТО при оперативном управлении (ОУ) аэропортом в сбойной ситуации. Поставлена задача и созданы аналитические модели ресурсно-временной оптимизации, учитывающие не только состояние меняющихся во времени ресурсов, но и местоположение ВС на перроне. Разработана новая имитационная модель графика работ бригад ТО при заданной очередности отправления ВС в штатной и сбойной ситуациях, отличающаяся от известных моделей использованием вычислительной среды Mathcad, упрощающей модификацию критериев эффективности, исходных условий и алгоритмов моделирования. Модели и методы реализуются в АС «КОБРА-2», что помогает автоматизировать процессы оперативного управления аэропортовой деятельностью.

Зебила М. Д.-Х. Расчёт и оценка эффективности систем виброизоляции с линейными и нелинейными характеристиками / Автореф. дис... канд. техн. наук. — М.: РУТ, 2018. — 24 с.

Разработан метод расчёта, выявлены зависимости и даны алгоритмы создания виброзащитных систем с нелинейными характеристиками (дополнительной опорной связью, демпфером вязкого трения) с использованием передаточных и импульсных переходных функций как систем с одной и двумя степенями свободы. Предложен метод расчёта горизонтально-вращательных колебаний массивных тел при произвольных кинематических воздействиях. Построены амплитудно-частотные характеристики системы с динамическим гасителем колебаний как системы с тремя степенями свободы методом, основанным на выборе порождающих уравнений.

Работа выполнена в Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете.

Ковалёв Р. А. Методы и алгоритмы интеллектуальной системы распознавания схем железнодорожной автоматики и телемеханики / Автореф. дис... канд. техн. наук. — СПб.: ПГУПС, 2018. — 16 с.

Предложена новая модель шаблона распознавания, формализующая графическое описание элемен-



та принципиальной электрической схемы (ПЭС), точек соединения с другими элементами и расположение текстовых атрибутов. Модель позволяет влиять на алгоритм распознавания без переобучения и изменения его описания. Разработан метод поиска текстовых выражений ПЭС и их классификации в соответствии с атрибутами элементов с применением методов кластерного анализа. Спроектирована структурная схема системы распознавания ПЭС железнодорожной автоматики и телемеханики, описывающая полный цикл перевода технической документации из исходного изображения растрового формата в электронную объектную модель.

Косых П. А. Развитие методики расчёта лёгких стальных тонкостенных профилей с произвольной формой перфорации на осевое сжатие / Автореф. дис... канд. техн. наук. — М.: РУТ, 2018. — 21 с.

Установлена зависимость несущей способности тонкостенных профилей с нестандартной перфорацией при осевом сжатии от размерных параметров, конфигурации вырезов и формы начальных геометрических несовершенств, что позволяет более точно предсказать предельно допустимую нагрузку. Построен алгоритм определения «эквивалентных» геометрических характеристик профиля разных типоразмеров с непостоянной по длине формой поперечного сечения для вычисления критической силы потери устойчивости перфорированных профилей. Получены аналитические зависимости, позволяющие сделать расчёт несущей способности перфорированных профилей сложной геометрии.

Работа выполнена в Пермском национальном исследовательском политехническом университете.

Матвеева И. Г. Экономическое обоснование программ совершенствования бизнес-процессов на железнодорожном транспорте / Автореф. дис... канд. экон. наук. — М.: РУТ, 2018. — 24 с.

Модифицирован подход к исследованию потерь в процессах управления транспортной компанией с использованием инструментов бережливого производства для достижения целевого состояния холдинга «РЖД». Сформированы методические рекомендации по оценке качества проектов бережливого производства, направленных на достижение эффективности и безопасности перевозочного процесса. Предложен метод и доказана возможность определения экономии накладных расходов бизнес-единицы транспортного холдинга и условной экономии от повышения эффективности использования основных средств. Для исследования экономической эффективности проектов совершенствования организации перевозок адаптирована модель применения метода расходных ставок и оценки устранения потерь в сквозных процессах железнодорожного транспорта.

Морозова Е. И. Интегральная оценка инновационных проектов высокоскоростного наземного транспорта / Автореф. дис... канд. экон. наук. — СПб.: ГУМРФ им. адм. С. О. Макарова, 2018. — 23 с.

Сформулировано понятие «инновационный проект высокоскоростного наземного транспорта» на основе обобщения и содержательного анализа

понятий «инновация», «инновационный проект», «высокоскоростной наземный транспорт». Представлена классификация инновационных проектов высокоскоростного наземного транспорта с учётом классификационных признаков для оценки их инвестиционной привлекательности. Определены базисные принципы оценки инновационного проекта на транспорте, обоснована интегральная оценка инвестиционной привлекательности проекта высокоскоростного наземного транспорта, предложен перечень критериев и показателей его оценки, исходя из интересов стейкхолдеров и основных направлений стратегического развития национальной макроэкономической системы.

Работа выполнена в Петербургском государственном университете путей сообщения Императора Александра I.

Тарасов А. Н. Управление асинхронными тяговыми электродвигателями тележки локомотива в предельных по сцеплению режимах движения / Автореф. дис... канд. техн. наук. — М.: РУТ, 2018. — 20 с.

Диссертантом разработаны способ управления, функциональная схема и алгоритмы функционирования тягового электропривода локомотива с совместным управлением АД тележки на пределе сцепления. Созданы математические и комплексные компьютерные модели тягового электропривода гибридного маневрово-вывозного тепловоза ТЭМ9Н с системой управления, реализующей предельные по сцеплению усилия при совместном управлении АД тележки. Проанализирована работа ТЭП с совместным разрывным управлением АД тележки при изменении условий сцепления. Показано, что предложенные алгоритмы регулирования позволяют частично компенсировать неоптимальность конструкции механической подсистемы ТЭП и обеспечить реализацию потенциальных условий сцепления не менее чем на 90 %.

Работа выполнена в Брянском государственном техническом университете.

Цвигунов Д. Г. Взаимодействие сезоннопромерзающих грунтов с фундаментами вертикальных стержневых элементов / Автореф. дис... канд. техн. наук. — М.: РУТ, 2018. — 24 с.

В ходе исследования создана математическая модель сезоннопромерзающего грунта, учитывающая накопление миграционной влаги в промерзающих глинистых грунтах и влияние её на снижение прочностных и деформационных характеристик грунтов основания вокруг вертикальных стержневых элементов при оттаивании. Получено разрешающее уравнение процесса приращения относительных деформаций грунта. Предложена экспоненциальная зависимость сопротивления грунта сдвигу от его влажности. Выявлена связь прочностных характеристик грунта при вибродинамическом воздействии с режимом его температуры.

Работа выполнена в Дальневосточном университете путей сообщения.

Подготовила Наталья ОЛЕЙНИК ●

ABSTRACTS of PH.D. THESES

**Selected abstracts of Ph.D. theses
submitted at Russian transport universities**

Bobrova, V.I. A Numerical method for calculating dynamic impact on shallow shells. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. [*Chislenniy metod rascheta pologih obolochek na dinamicheskie vozdeistviya. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. Moscow, RUT publ., 2018, 19 p.

The thesis proposes an algorithm for calculating dynamic effects applied to shallow shells based on generalized equations of the method of finite differences of professor R. F. Gabbasov. According to the compiled methodology, a computer calculation program was developed, it was tested while solving a number of test problems and results were obtained for new variants, when the state of gentle shells under the action of various types of dynamic loads with different boundary conditions (as well as combinations of these conditions) becomes the subject of calculations.

The work was performed at National Research Moscow State University of Civil Engineering.

Boyko, S. P. Modeling and improving the efficiency of functioning of self-regenerating filters in the lubricating systems of marine diesel engines. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. [*Modelirovanie i povyshenie effektivnosti funktsionirovaniya samoregeneriruyushchikhsya filtrov v smazochnykh sistemakh sudovykh dizelei. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. Vladivostok, Maritime State University named after admiral G. I. Nevelskoy, 2018, 26 p.

A model of two-stage filtering of oil through a pore structure of complex configuration with external and internal retarding sections has been developed, which allows to accurately calculate fineness, fractional coefficients and completeness of screening woven filter meshes of plain weave. The dimensionless dropout coordinate was identified, which makes it possible to simulate the suspension flow using a simplified scheme, and accuracy of the theoretical estimate of efficiency of oil purification by self-regenerating filters is improved using special tabulated functions. Performance indicators are formulated and a countercurrent regeneration model is created. Scientific and technical solutions have been proposed to improve the design of SRF and increase the efficiency of their work with centrifugal cleaners – centrifuges with pressure discharge and self-cleaning separators of flushing oil.

Brazhniy, A. I. Navigation safety of a caravan during sea and ocean tows of floating structures. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. [*Navigatsionnaya bezopasnost karavana pri morskikh i okeanskikh buksirovках plavuchih sooruzhenii. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. Vladivostok, Maritime State University named after admiral G. I. Nevelskoy, 2018, 18 p.

The dissertation study identified the level of awareness in development of a project for offshore towing of a floating structure with signs of a «low sea-going» object and

showed ways to increase this awareness. An assessment of structural stability of the marine towing system for a similar object with stationarity of the towing process, as well as models for assessing safety of navigation when towing within the framework of linear assumptions and the model of the object stabilization mechanism in the position strip are proposed. A mechanism has been developed to select a sequence of priority decisions that ensure safety of maneuvering of the towing system in case of divergence with navigational hazards.

Golovchenko, G. V. Methods of resource-time optimization of the process of operational management of an airport in emergency situations. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis. [*Metody resursno-vremennoi optimizatsii protsessa operativnogo upravleniya aeroportom v sboinykh situatsiyah. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. St. Petersburg, SPSU CA, 2018, 22 p.

The conceptual analysis of the processes of interaction between the airport services and IT development made it possible to substantiate the need to develop a method for resource-time optimization of the order of departure of aircrafts and schedules for maintenance crews under operational management (OM) of an airport in a situation of technical failures. The task has been set and analytical models of resource-time optimization have been created, taking into account not only the state of resources changing in time, but also the location of aircraft at the apron. A new simulation model of the schedule of maintenance crews for a given order of departure of planes in normal and failing situations is different from the known models using Mathcad computing environment, which simplifies modification of efficiency criteria, baselines and simulation algorithms. Models and methods are implemented in AS «COBRA-2», which helps automate the processes of operational management of airport activities.

Kosykh, P. A. Development of the method for calculating light steel thin-walled profiles with an arbitrary shape of perforation during axial compression. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [*Razvitiye metodiki rascheta legkikh stalnykh tonkostennykh profilei s proizvolnoi formoi perforatsii na osevoe szhatie. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. Moscow, RUT publ., 2018, 21 p.

The dependence of the carrying capacity of thin-walled profiles with non-standard perforation under axial compression on the dimensional parameters, configuration of the notches and the shape of the initial geometric imperfections, which allows us to more accurately predict the maximum permissible load, is established. An algorithm is developed for determining the «equivalent» geometric characteristics of profiles of different sizes with a non-constant cross-sectional shape to calculate the critical buckling strength of perforated profiles. Analytical dependences are obtained, allowing to calculate the bearing capacity of perforated profiles of complex geometry.

The work was performed at Perm National Research Polytechnic University.

Kovalev, R. A. Methods and algorithms for an intelligent system for recognizing the circuits of railway automatics and telemechanics. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [*Metody i algoritmy intellektusnoi sistemy raspoznavaniya skhem*



zheleznodorozhnoi avtomatiki i telemekhaniki. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. St. Petersburg, PSTU, 2018, 16 p.

A new model of pattern recognition is proposed, which formalizes the graphic description of an element of the schematic electrical diagram (SED), connection points with other elements, and the location of text attributes. The model allows to influence the recognition algorithm without retraining and changing its description. A method has been developed for searching SED text expressions and classifying them in accordance with the attributes of elements using cluster analysis methods. A block diagram of the SED recognition system of railway automation and remote control, describing the complete cycle of translating technical documentation from the original raster format image into an electronic object model, has been designed.

Matveeva, I. G. Economic justification of programs for improving business processes in railway transport. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis [*Ekonomicheskoe obosnovanie program sovershenstvovaniya biznes-protsessov na zheleznodorozhnom transporte. Avtoref. dis... kand. ekon. nauk*]. Moscow, RUT publ., 2018, 24 p.

The approach to studying losses in transport company management processes was modified using lean manufacturing tools to achieve the target status of the Russian Railways holding company. Methodical recommendations have been formed for assessing the quality of lean production projects aimed at achieving the efficiency and safety of the transportation process. The method was proposed and the possibility of determining savings in overhead costs of a business unit of the transport holding company and the conditional savings from improving the efficiency of use of fixed assets was proven. To study the economic efficiency of projects to improve organization of transportation, a model has been adapted to use the method of expenditure rates for estimating elimination of losses in the end-to-end railway transport processes.

Morozova E. I. Integral assessment of innovative high-speed ground transportation projects. Abstract of Ph.D. (Economics) thesis [*Integralnaya otsenka innovatsionnykh projektov vysokoskorostnogo nazemnogo transporta. Avtoref. dis... kand. ekon. nauk*]. St. Petersburg, Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 2018, 23 p.

The concept of «innovative project of high-speed land transport» is formulated on the basis of generalization and meaningful analysis of the concepts «innovation», «innovative project», and «high-speed land transport». A classification of innovative projects of high-speed land transport is presented taking into account classification criteria for assessing their investment attractiveness. The basic principles for evaluating an innovation project in transport were determined, integral assessment of investment attractiveness of a high-speed land transport project was justified, a list of criteria and indicators for its evaluation was proposed, based on the interests of stakeholders and the main directions of strategic development of the national macroeconomic system.

The work was performed at Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University.

Tarasov, A. N. Control of asynchronous traction electric motors of a locomotive bogie in limit-set motion modes. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [*Upravlenie asinkhronnymi*

tyagovymi elektrodvigatelyami teleshki lokomotiva v predelnykh po stsepleniyu rezhimakh dvizheniya. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk]. Moscow, RUT publ., 2018, 20 p.

The author has developed a control method, a functional diagram and algorithms for operation of a traction motor drive of a locomotive with joint control of the bogie's AM at the adhesion limit. Mathematical and complex computer models of a TEM9N hybrid maneuvering diesel locomotive electric drive with a control system that implements the maximum adhesion forces under the joint control of AM of the bogie. The operation of TEP at the joint discontinuous control of ATD of the bogie when the adhesion conditions are changing, is analyzed. It is shown that the proposed control algorithms can partially compensate for the non-optimal design of the mechanical subsystem of TEP and ensure implementation of potential adhesion conditions by at least 90 %.

The work was performed at Bryansk State Technical University.

Tsvigunov, D. G. Interaction of seasonally freezing soils with the foundations of vertical pivotal elements. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [*Vzaimodeistvie sezonopromerzayushchikh gruntov s fundamentami vertikalnykh sterzhnevyykh elementov. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. Moscow, RUT publ., 2018, 24 p.

During the study, a mathematical model of seasonally freezing soil was created, taking into account accumulation of migratory moisture in freezing clay soils and its influence on reduction of strength and deformation characteristics of base soils around vertical core elements during thawing. The resolving equation for the process of increment of the relative deformations of the soil is obtained. An exponential dependence of soil resistance to shear on its moisture is proposed. The relationship of the strength characteristics of the soil under vibrodynamic effects with the mode of its temperature is revealed.

The study was performed at Far Eastern State Transport University.

Zebilila, M. D.-H. Calculation and evaluation of effectiveness of vibration isolation systems with linear and nonlinear characteristics. Abstract of Ph.D. (Eng) thesis [*Raschet i otsenka effektivnosti sistem vibroizolyatsii s lineinymi i nelineinymi kharakteristikami. Avtoref. dis... kand. tekhn. nauk*]. Moscow, RUT publ., 2018, 24 p.

A calculation method has been developed, dependencies have been identified, and algorithms for creating vibration-proof systems with non-linear characteristics (additional reference constraint, viscous friction damper) using transfer and pulse transient functions as systems with one and two degrees of freedom are given. A method for calculating the horizontal-rotational oscillations of massive bodies with arbitrary kinematic effects is proposed. The amplitude-frequency characteristics of a system with a dynamic oscillation damper as a system with three degrees of freedom are constructed using a method based on the choice of generating equations.

The work was performed at National Research Moscow State University of Civil Engineering.

Compiled by Natalia OLEYNIK ●

НОВЫЕ КНИГИ О ТРАНСПОРТЕ

*New books on transport and transportation.
English text is at p. 268*

Wilson J. Railroading & The Automobile Industry – 2019. – 96 p. – ISBN 10:1627005285.

Аносов А. П. Теория и устройство судна: конструкция специальных судов: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 182 с. – ISBN 978-5-534-05611-2.

Арефьев И. Б., Коровяковский Е. К. Анализ и моделирование транспортных узлов. – СПб.: ЮПИ, 2018. – 228 с. – ISBN 978-5-905853-19-7.

Базилевский Ф. Ю., Грачёв В. В., Грищенко А. В. Микропроцессорные системы управления и диагностирования локомотивов: Учеб. пособие. – СПб.: ПГУПС, 2018. – Ч. 1. – 71 с. – ISBN 978-5-7641-1176-6.

Бестугин А. Р., Филин А. Д., Санников В. А. Основы организации воздушного движения: Учебник / Под науч. ред. Ю. Г. Шатракова. – М.: Юрайт, 2019. – 515 с. – ISBN 978-5-534-06502-2.

Вольмир А. С. Оболочки в потоке жидкости и газа: задачи аэроупругости: Учеб. пособие. – 2-е изд., стереотип. – М.: Юрайт, 2019. – 423 с. – ISBN 978-5-534-06870-2.

Горев А. Э. Теория транспортных процессов и систем: Учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 182 с. – ISBN 978-5-534-07302-7.

Духно Н. А. и др. Транспортное право: Учебник / Отв. ред. Н. А. Духно, А. И. Землин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 379 с. – ISBN 978-5-534-10845-3.

Жинкин В. Б. Теория и устройство корабля: Учебник. – 5-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 407 с. – ISBN 978-5-534-10057-0.

Козин М. Н., Курбанов А. Х., Колобов Е. О. Контейнерные перевозки при обеспечении национальной безопасности государства: инструменты и методы оценки эффективности: Монография. – М.: НИИ ФСИН России, 2018. – 99 с. – ISBN 978-5-907092-40-2.

Колик А. В. Комбинированные железнодорожно-автомобильные перевозки в цепях поставок. – М.: Техполиграфцентр, 2018. – 302 с. – ISBN 978-5-94385-143-8.

Курилкин Д. Н., Панченко М. Н. Основы механики, теория и конструкция локомотивов: Учеб. пособие. – СПб.: ПГУПС, 2018. – 101 с. – ISBN 978-5-7641-1142-1.

Курочкин Л. Е., Коптелов В. А. Безопасность на морских судах: Учеб. пособие. – М.: Центркаталог, 2019. – 206 с. – ISBN 978-5-903268-15-3.

Лисов М. А. Винтокрылые трансформеры: от Ка-26 до Ка-226. – М.: Русские витязи, 2019. – 414 с. – ISBN 978-5-6040157-9-7.

Маликова Т. Е. Математические методы и модели в управлении на морском транспорте: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2019. – 373 с. – ISBN 978-5-534-04919-0.

Петросов В. В. Ремонт автомобилей и двигателей: Учебник. – М.: Академия, 2019. – 222 с. – ISBN 978-5-4468-7494-1.

Полосин М. Д. Осуществление технического обслуживания и ремонта дорожных и строительных машин: Учебник. – М.: Академия, 2019. – 238 с. – ISBN 978-5-4468-7511-5.

Попов А. Н. и др. Автоматика и микропроцессорная техника в локомотивных системах и комплексах обеспечения безопасности: Учеб. пособие. – Екатеринбург: УрГУПС, 2018. – 154 с. – ISBN 978-5-94614-440-7.

Рязанова А. В. Автоматизированные системы оплаты проезда на городском пассажирском транспорте. – Хабаровск: ТОГУ, 2018. – 92 с. – ISBN 978-5-7389-2536-8.

Сальков Н. А. Моделирование геометрических форм автомобильных дорог: Монография. – М.: Инфра-М, 2019. – 161 с. – ISBN 978-5-16-014029-2.

Соколов Ю. И., Ефимова О. В., Лавров И. М. Экономическое обоснование создания интегрированного информационного пространства взаимодействия транспортных компаний и клиентов: Монография. – М.: РУТ (МИИТ), 2019. – 99 с. – ISBN 978-5-7876-0275-3.

Спирин И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками: Учебник. – М.: Академия, 2019. – 397 с. – ISBN 978-5-4468-7477-4.

Харченко А. О. и др. История развития автотранспорта: Учеб. пособие. – М.: Центркаталог, 2019. – 199 с. – ISBN 978-5-903268-14-6.

Ходош М. С., Бачурин А. А. Организация транспортно-логистической деятельности на автомобильном транспорте: Учебник. – 3-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2019. – 303 с. – ISBN 978-5-4468-7528-3.

Чаплыгин С. А. Динамика полёта. Избранные работы. – М.: Юрайт, 2019. – 263 с. – ISBN 978-5-534-04105-7.

Шапкин В. С., Затучный Д. А., Козлов А. И. и др. Оценка надёжности средств навигации и управления воздушным движением: Монография / Под ред. Д. А. Затучного. – М.: Радиотехника, 2019. – 246 с. – ISBN 978-5-93108-174-8.

Юденкова Л. И., Валькова С. С., Вальков В. Е. Разработка технического задания на проектирование оптимального типа судна для перевозки грузов на заданном направлении: Учеб. пособие. – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2018. – 116 с. – ISBN 978-5-88871-719-6.

Юншэн Я. От конкурентоспособности к ключевой компетенции: теоретический и практический анализ интернационализации китайских корпораций, подробный графический сравнительный анализ создания китайскими корпорациями бизнеса за рубежом, инновационная дорожная карта ускорения китайскими корпорациями реализации инициативы «Один пояс – один путь» / Пер. с кит. – 3-е изд. – М.: Дело и Сервис, 2019. – 431 с. – ISBN 978-5-8018-0717-1.

Подготовила Н. ОЛЕЙНИК ●





NEW BOOKS ON TRANSPORT AND TRANSPORTATION

Anosov, A. P. Theory and Design of the Vessel: Construction of Special Ships: Study guide [*Teoriya i ustroystvo sudna: konstruktivnaya spetsialnykh sudov: Ucheb. posobie*]. 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Yurayt publ., 2019, 182 p. ISBN 978-5-534-05611-2.

Arefyev, I. B., Korovyakovskiy, E. K. Analysis and modeling of transport hubs [*Analiz i modelirovaniye transportnykh uzlov*]. St. Petersburg, UPI publ., 2018, 228 p. ISBN 978-5-905853-19-7.

Bazilevsky, F. Yu., Grachev, V. V., Grishchenko, A. V. Microprocessor control systems and locomotive diagnostics: Study guide [*Mikroprotsessornye sistemy upravleniya i diagnostirovaniya lokomotivov: Ucheb. posobie*]. St. Petersburg, PGUPS, 2018. Part 1. 2018, 71 p. ISBN 978-5-7641-1176-6.

Bestugin, A. R., Filin, A. D., Sannikov, V. A. The fundamentals of air traffic management: Textbook [*Osnovy organizatsii vozdukhnoy dvizheniya: Uchebnik*]. Moscow, Yurayt, 2019, 515 p. ISBN 978-5-534-06502-2.

Chaplygin, S. A. Flight dynamics. Selected works [*Dinamika poleta. Izbrannye raboty*]. Moscow, Yurayt, 2019, 263 p. ISBN 978-5-534-04105-7.

Dukhno, N. A. [*et al*] Transport law: Textbook [*Transportnoye pravo: Uchebnik*]. Ed. by N. A. Dukhno, A. I. Zemlin. 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Yurayt, 2019, 379 p. ISBN 978-5-534-10845-3.

Gorev, A. E. Theory of transport processes and systems: Textbook [*Teoriya transportnykh protsessov i sistem*]. 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Yurayt, 2019, 182 p. ISBN 978-5-534-07302-7.

Kharchenko, A. O. [*et al*] The history of development of vehicles: Study guide [*Istoriya razvitiya avtotransporta: Ucheb. posobie*]. Moscow, Tsentrkatalog, 2019, 199 p. ISBN 978-5-903268-14-6.

Khodosh, M. S., Bachurin, A. A. Organization of transport and logistics activities in road transport: Textbook [*Organizatsiya transportno-logisticheskoy deyatel'nosti na avtomobilnom transporte*]. 3rd ed., ster. Moscow, Academia, 2019, 303 p. ISBN 978-5-4468-7528-3.

Kolik, A. V. Combined rail-road transportation in the supply chain [*Kombinirovannye zheleznodorozhno-avtomobilnye perevozki v tsepyakh postavok*]. Moscow, Tekhpolygraftsent, 2018, 302 p. ISBN 978-5-94385-143-8.

Kozin, M. N., Kurbanov, A. Kh., Kolobov, E. O. Piggyback transportation in ensuring national security: tools and methods for evaluating effectiveness: Monograph [*Kontreilernye perevozki pri obespechenii bezopasnosti gosudarstva: instrumenty i metody otsenki effektivnosti: Monografiya*]. Moscow, PKU NII FSIN of Russia, 2018, 99 p. ISBN 978-5-907092-40-2.

Kurilkin, D. N., Panchenko, M. N. Fundamentals of mechanics, theory and construction of locomotives: Study guide [*Osnovy mekhaniki, teoriya i konstruktivnaya lokomotivov: Ucheb. posobie*]. St. Petersburg, PGUPS publ., 2018, 101 p. ISBN 978-5-7641-1142-1.

Kurochkin, L. E., Koptelov, V. A. Safety at sea vessels: Study guide [*Bezopasnost na morskikh sudakh: Uchebnoye posobie*]. Moscow, Tsentrkatalog, 2019, 206 p. ISBN 978-5-903268-15-3.

Lisov, M. A. Rotary-winged transformers: from Ka-26 to Ka-226 [*Vintokrylye transformery: ot Ka-26 do Ka-226*]. Moscow, Russian Knights Foundation, 2019, 414 p. ISBN 978-5-6040157-9-7.

Malikova, T. E. Mathematical methods and models in management of maritime transport: Study guide [*Matematicheskie metody i modeli v upravlenii na morskoy transporte: Ucheb. posobie*]. 2nd ed., rev. and enl. Moscow, Yurayt, 2019, 373 p. ISBN 978-5-534-04919-0.

Petrosov, V. V. Automobile and engine repair: Textbook [*Remont avtomobilei i dvigatelei: Uchebnik*]. Moscow, Academia, 2019, 222 p. ISBN 978-5-4468-7494-1.

Polosin, M. D. Implementation of maintenance and repair of road and construction machines: Textbook [*Osushchestvleniye tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta dorozhnykh i stroitelnykh mashin: Uchebnik*]. Moscow, Academia, 2019, 238 p. ISBN 978-5-4468-7511-5.

Popov, A. N. [*et al*] Automation and microprocessor technology in locomotive systems and safety complexes: Study guide [*Avtomatika i mikroprotsessornaya tekhnika v lokomotivnykh sistemakh i kompleksakh obespecheniya bezopasnosti: Ucheb. posobie*]. Yekaterinburg, UrGUPS, 2018, 154 p. ISBN 978-5-94614-440-7.

Ryazanova, A. V. Automated fare collection systems for urban passenger transport [*Avtomatizirovannyye sistemy oplaty proezda na gorodskom passazhirskom transporte*]. Khabarovsk, TOGU, 2018, 92 p. ISBN 978-5-7389-2536-8.

Salkov, N. A. Modeling of geometric forms of highways: Monograph [*Modelirovaniye geometricheskikh form avtomobilnykh dorog: Monografiya*]. Moscow, Infra-M, 2019, 161 p. ISBN 978-5-16-014029-2.

Shapkin, V. S., Zatuchnyy, D. A., Kozlov A. I. [*et al*] Assessment of reliability of navigation and air traffic control systems: Monograph [*Otsenka nadezhnosti sredstv navigatsii i upravleniya vozdukhnyim dvizheniem: Monografiya*]. Ed. by D. A. Zatuchny. Moscow, Radiotekhnika, 2019, 246 p. ISBN 978-5-93108-174-8.

Sokolov, Yu. I., Efimova, O. V., Lavrov, I. M. Economic justification of development of an integrated information space for interaction between transport companies and customers: Monograph [*Ekonomicheskoe obosnovaniye sozdaniya integrirovannogo informatsionnogo prostranstva vzaimodeystviya transportnykh kompanii i klientov: Monografiya*]. Moscow, RUT (MIIT), 2019, 99 p. ISBN 978-5-7876-0275-3.

Spirin, I. V. Organization and management of passenger road transport: Textbook [*Organizatsiya i upravleniye passazhirskimi avtomobilnymi perevozkami: Uchebnik*]. Moscow, Academia, 2019, 397 p. ISBN 978-5-4468-7477-4.

Volmir, A. S. Shell in the flow of liquid and gas: the tasks of aeroelasticity: Study guide [*Obolochki v potoke zhidkosti i gaza: zadachi aerouprugosti: Ucheb. posobie*]. 2nd ed., ster. Moscow, Yurayt, 2019, 423 p. ISBN 978-5-534-06870-2.

Wilson, J. Railroad & The Automobile Industry, 2019, 96 p. ISBN 10:1627005285.

Yongsheng, Ya. From competitiveness to key competence: theoretical and practical analysis of internationalization of Chinese corporations, detailed graphic comparative analysis of creation of overseas business by Chinese corporations, innovative acceleration road map by Chinese corporations to implement the «One Belt – One Way» initiative [*Ot konkurentosposobnosti k klyuchevoi kompetentsii: teoreticheskiy i prakticheskiy analiz internatsionalizatsii kitaiskikh korporatsii, podrobniiy graficheskiiy sravnitel'nyi analiz sozdaniya kitaiskimi korporatsiyami biznesa za rubezhom, innovatsionnaya dorozhnaya karta uskoreniya kitaiskimi korporatsiyami realizatsii initsiativy «Odin poyas – Odin put»*]. Translated from Chinese by D. Nayan, C. Sin. 3rd ed. Moscow, Delo i Servis, 2019, 431 p. ISBN 978-5-8018-0717-1.

Yudenkova, L. I., Valkova, S. S., Valkov, V. E. Development of a technical assignment for designing an optimal type of vessel for carriage of goods in a given direction: Study guide [*Razrabotka tekhnicheskogo zadaniya na proektirovaniye optimalnogo tipa sudna dlya perevozki gruzov na zadannom napravlenii: Ucheb. posobie*]. Vladivostok, Dalrybvtuz, 2018, 116 p. ISBN 978-5-88871-719-6.

Zhinkin, V. B. Theory and design of the vessel: Textbook [*Teoriya i ustroystvo korablya: Uchebnik*]. 5th ed., rev. and enl. Moscow, Yurayt, 2019, 407 p. ISBN 978-5-534-10057-0.

Compiled by N. OLEYNIK ●

АНЕКДОТ

НА ОБОЧИНЕ



И. Кийко <http://cartoonbank.ru>

• На Новый год мужчине из соседнего подъезда подарили талисман, который должен притягивать деньги. Он повесил его на лобовое стекло своего автомобиля. И всё сбылось: на следующий день в него въехала инкассаторская машина!

• Последний урок перед зимними каникулами. Учитель, завершая тему занятия:

— Именно тогда было сделано открытие, которое помогает людям летать. Кто готов назвать это изобретение?

Девочка на первой парте:

— По-моему, господин учитель, это динамит.

• Дежурный инспектор ДПС поздно вечером видит мчащуюся по встречной полосе пригородного шоссе

легковую машину и тормозит её поднятым жезлом:

— И куда мы так спешим?!

— Сам не знаю, но, похоже, уже опоздал. Вы же видите, все едут обратно.

Из цикла «Блондинка за углом»

• Перед Новым годом две подружки-блондинки поехали на крутом внедорожнике в лес за ёлкой. Искали часов пять, не меньше, и очень устали. И тут одна говорит:

— Слушай, я замёрзла, да и темнеть начинает. Давай уж без игрушек возьмём!

Смех сквозь мысли

Расхожие фразы и тексты – в новом контексте

- Повиснуть в воздухе: уподобиться вертолёту.
- Водить на помочах: взять на буксир.
- Вознестись до небес: полететь в стратосферу.
- Дать прикурить: поделиться аккумулятором.
- Всплывают в памяти: морские истории.





**World of Transport and
Transportation**

Vol. 17, Issue 1, 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
MTavtor@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
MTavtor@mail.ru
wtjournal@gmail.com



ISSN 1992-3252



9 771992 325778 >